



TESIS TE 092099

**Klasifikasi Siswa Tunarungu Untuk Materi Aritmatika
Penjumlahan Sederhana Menggunakan Metode SVM
Berbasis Data Sifteo**

Ratih Fahayana

2212 205 204

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.

Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS
MULTIMEDIA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS TE 092099

***Deaf Students Classification for Simple Adding Operation in
Arithmetic Matter Using SVM Method
Based on Sifteo Data***

Ratih Fahayana

2212 205 204

SEPER VISOR

Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.

Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN JARINGAN CERDAS
MULTIMEDIA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (M.T)
di**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember
oleh :**

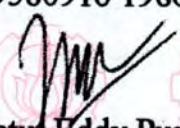
**Ratih Fahayana
Nrp. 2212205204**

**Tanggal Ujian : 09 Januari 2015
Periode Wisuda : Maret 2015**


Disetujui oleh:


1. Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.
NIP. 19580916 198601 1 001


(Pembimbing I)


2. Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST, MT
NIP. 19690730 199512 1 001

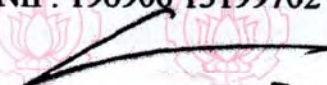
(Pembimbing II)


3. Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc.
NIP. 19540925 197803 1 001

(Penguji)


4. Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.
NIP. 196906 13199702 1 003

(Penguji)


5. Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT
NIP. 19680601 199512 1 009

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T
NIP. 19640405 199002 1 001

Klasifikasi Siswa Tunarungu Untuk Materi Aritmatika Penjumlahan Sederhana Menggunakan Metode SVM Berbasis Data Sifteo

Nama Mahasiswa : Ratih Fahayana
NRP : 2212 205 204
Pembimbing : 1. Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.
2. Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST, MT

ABSTRAK

Mengetahui tingkat kecerdasan siswa tunarungu perlu dilakukan sebelum guru memberikan materi pelajaran, karena anak tunarungu sering memperlihatkan keterlambatan dalam belajar, yang dipengaruhi oleh gangguan pendengaran dan tingkat kecerdasan. Dengan mengetahui tingkat kognitif siswa tunarungu diharapkan dapat memberikan bantuan informasi bagi pengajar dalam memberikan materi pelajaran yang sesuai dengan kemampuan kognitif siswa tunarungu.

Kognitif siswa dapat diketahui dengan cara tes menggunakan *serious game* pada sifteo. Rekaman permainan pada sifteo kemudian yang akan dijadikan acuan penilaian untuk melakukan klasifikasi tingkat kognitif siswa tunarungu. Klasifikasi akan dilakukan dengan menggunakan metode *Support Vector Machine (SVM)*.

Dari hasil yang diperoleh dari klasifikasi menggunakan SVM diperoleh nilai *Accuracy* atau ketepatan dalam melakukan klasifikasi secara baik dengan nilai sebesar 82.3%. tingkat kognitif siswa tunarungu ada pada kelas rata-rata yang mencapai 61.8 %, untuk tingkat kognitif anak tunarungu yang berada pada kelas rendah sebesar 23.5%, tingkat kognitif anak tunarungu pada kelas tidak mampu sebesar 8.8%, pada tingkat mampu sebesar 2.9%, begitu juga dengan tingkat kognitif pada kelas cerdas yang sebanyak 2.9%. hal ini menunjukkan bahwa taraf kemampuan siswa tertinggi berada pada tingkat rata-rata.

Kata kunci: klasifikasi, siswa tunarungu, sifteo, *Support Vector Machine (SVM)*.

Deaf Students Classification for Simple Adding Operation in Arithmetic Matter Using SVM Method Based on Sifteo Data

By : Ratih Fahayana
Student Identity Number : 2212 205 204
Supervisors : 1. Prof. Dr. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M.Eng.
2. Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST, MT

ABSTRACT

Recognize the intelligent level of deaf student need to be done before the teacher give learning matter, because the deaf student almost show delay in learning process. That is affected by listening capability disruption and intelligent level. To recognize about deaf student cognitive level it is hoped can give some additional information for teacher when they give learning matter which appropriate with capability level of the deaf student.

Student cognitive can be known by giving them some examination using the serious game on sifteo. Game record in sifteo then will be used as reference of assessment for make classification to deaf student cognitive level. Classification will be done by using Support Vector Machine (SVM) method.

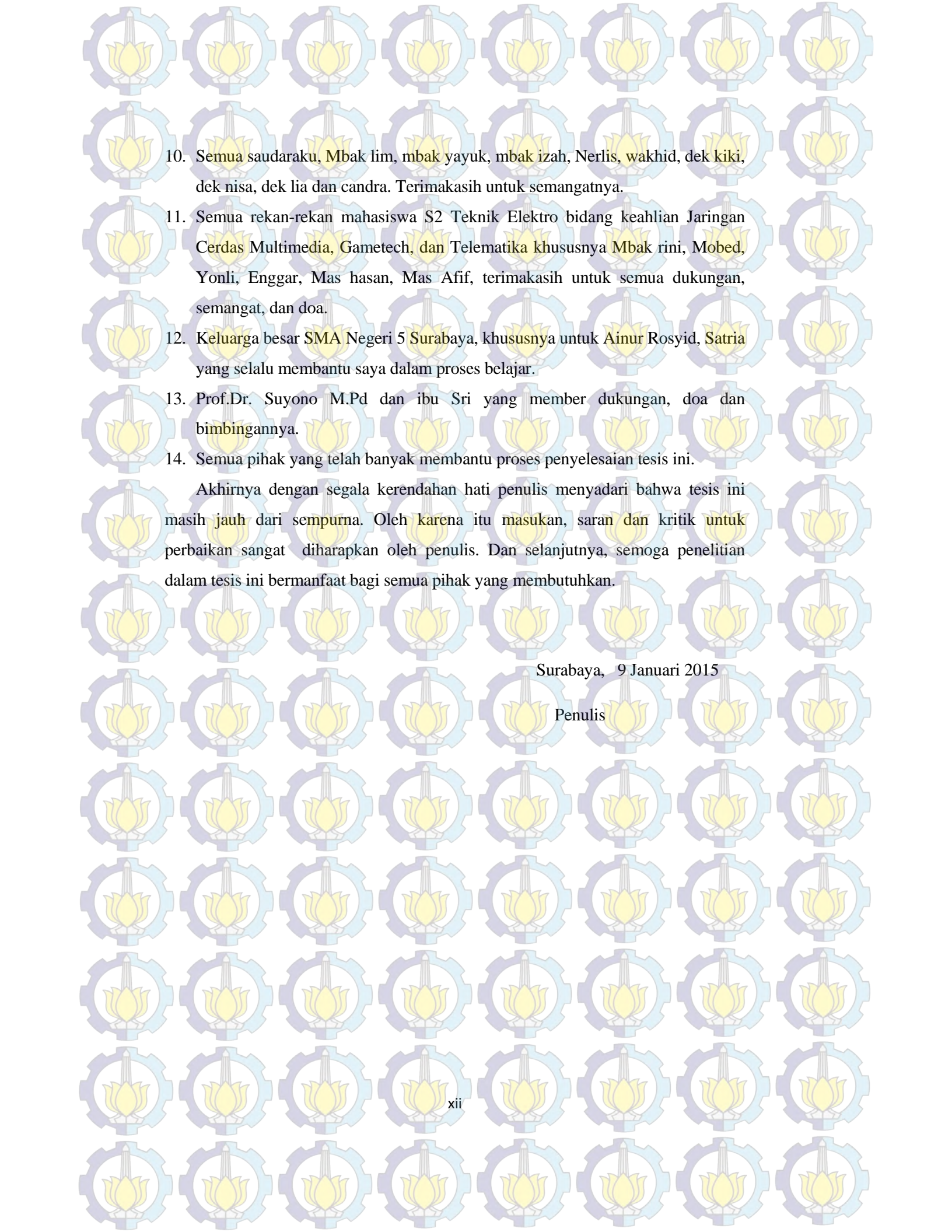
the results obtained in the classification using SVM method is obtained value of Sensitivity worth 0.94%, the highest average levels of cognitive identification on deaf students are contained in class average which reached 61.8%, for the cognitive level of deaf children who are contained in class low is amounted to 23.5%, the cognitive level of deaf children in class incapable is amounted to 8.8%, the class capable detected by 2.9%, as well as the cognitive level in the class smart detected as 2.9%.

Keywords : *Classification, Deaf student, Sifteo and Support Vector Machine (SVM).*

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah dipanjatkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya tesis ini dapat diselesaikan. Berbagai suka dan duka telah dilalui untuk dapat menyelesaikan tesis ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak, yang dengan ikhlas telah membantu dalam menyelesaikan tesis ini. Secara khusus penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada :

1. Prof. Ir. Mauridhi Hery Purnomo, M. Eng., Ph.D. dan Dr. I Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, memberi koreksi, dan motivasi dalam tesis ini.
2. Bapak Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT , selaku koordinator bidang keahlian Jaringan Cerdas Multimedia Program Studi Teknik Elektro.
3. Bapak Dr. Ir. Yoyon Kusnendar Suprpto, M.Sc., Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc. dan Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik dalam tesis ini.
4. Bapak/Ibu dosen pengajar di Program Studi Teknik Elektro, bidang keahlian Jaringan Cerdas Multimedia.
5. Kepala Sekolah SMA Negeri 5 Surabaya Surabaya Ibu Hj. Sri Widiati, S.Pd., M.M. yang telah memberikan izin dan dukungannya untuk saya melanjutkan pendidikan saya.
6. Kepala sekolah SDLB Harmoni, Kepala Sekolah SDLB karya mulia Surabaya, dan kepala sekolah MIMA bapak Mu'alim, terimakasih untuk ilmu, izin dan bantuannya dalam melakukan pengambilan data.
7. Kepada Alm.H.Mustadi dan ibu Hj.musyarofah untuk semua yang tak akan pernah bias saya sebutkan untuk semua kasih sayang yang tak terbatas.
8. Kepada suamiku, Mahendra Agung Baskoro, S.H. terimakasih untuk semua dukungan, bantuan, dorongan serta do'a yang selalu diberikan.
9. Kepada ibu mertuaku ibu Sri Suwarsi, yang selalu mendoakan menantunya untuk selalu mendapat kekuatan dalam menyelesaikan semua.

- 
10. Semua saudaraku, Mbak lim, mbak yayuk, mbak izah, Nerlis, wakhid, dek kiki, dek nisa, dek lia dan candra. Terimakasih untuk semangatnya.
 11. Semua rekan-rekan mahasiswa S2 Teknik Elektro bidang keahlian Jaringan Cerdas Multimedia, Gametech, dan Telematika khususnya Mbak rini, Mobed, Yonli, Enggar, Mas hasan, Mas Afif, terimakasih untuk semua dukungan, semangat, dan doa.
 12. Keluarga besar SMA Negeri 5 Surabaya, khususnya untuk Ainur Rosyid, Satria yang selalu membantu saya dalam proses belajar.
 13. Prof.Dr. Suyono M.Pd dan ibu Sri yang member dukungan, doa dan bimbingannya.
 14. Semua pihak yang telah banyak membantu proses penyelesaian tesis ini.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu masukan, saran dan kritik untuk perbaikan sangat diharapkan oleh penulis. Dan selanjutnya, semoga penelitian dalam tesis ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 9 Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOMENKLATUR	xix

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1. <i>Serious Game</i>	5
2.2. Taksonomi Bloom	8
2.3. sifteo	9
2.3.1. <i>Game Play Sifteo</i>	11
2.4. Anak Tunarungu	13
2.4.1 Klasifikasi Anak Tunarungu	16
2.4.2 Karakteristik Anak Tunarungu	18
2.5 Pembelajaran Matematika di Sekolah Dasar	20
2.5.1 Standar Kompetensi Matematika Sekolah Dasar	21
2.5.2 Praktek Pembelajaran matematika SDLB	22
2.6 <i>Support Vector Machine (SVM)</i>	23
2.6.1 <i>Pattern Recognition</i> Menggunakan SVM	24
2.6.2 SVM untuk Data Nonlinier	26
2.6.3 SVM untuk <i>Multiclass</i>	26
2.6.3.1 Metode One Againsts All	27
2.6.3.2 Metode <i>One Against One</i>	29
2.6.3.3 metode <i>Half Against Half</i>	30
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1. Langkah Pelitian	33
3.2 Rancangan Tes	34
3.2.1 <i>Placement test</i>	34
3.2.2 <i>Post Test</i> Pada sifteo	37
3.3 Klasifikasi Data	39
3.4 <i>Receiver Operating Characteristics (ROC)</i>	42
BAB IV PERCOBAAN DAN HASIL	45
4.1 Data Permainan	45
4.1.1 <i>Placement test</i> (Media Kertas dan Pensil)	45
4.1.2 <i>Post Tes</i> dengan menggunakan media <i>Game Sifteo</i>	48

4.2 Klasifikasi Dengan Menggunakan <i>Support Vector Machine</i>	52
4.3 Analisa Hasil.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1. Kesimpulan.....	55
5.2. Penelitian Selanjutnya	55
DAFTAR PUSTAKA	57
BIOGRAFI	59
LAMPIRAN-LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbedaan antara <i>Game</i> untuk Hiburan dari <i>Serious Game</i>	8
Tabel 2.2. Silabus Matematika SDLB	22
Tabel 2.3. Contoh metode <i>one against all</i>	28
Tabel 2.4. Contoh metode <i>one against one</i>	29
Tabel 2.5. Contoh metode <i>Half against Half</i>	30
Tabel 3.1. Kisi-kisi Soal <i>Placement Test</i> Penelitian	35
Tabel 3.2. soal <i>placement test</i> untuk pemetaan kognitif Siswa	36
Tabel 3.3. Rekaman waktu yang digunakan siswa dalam tiap state	39
Tabel 3.4. Skor untuk menentukan ukuran waktu pemain.....	40
Tabel 3.5. Aturan untuk menentukan atribut waktu pemain.....	40
Tabel 3.6. Rancangan metode <i>one against one</i>	42
Tabel 3.7. <i>Confusion Matrix</i>	43
Tabel 4.1. Daftar nama sekolah sebagai objek penelitian.....	45
Tabel 4.2. Hasil rekaman waktu menyelesaikan permainan siswa.....	49
Tabel 4.3. Hasil penggunaan bantuan siswa saat menyelesaikan permainan	50
Tabel 4.4. Total perolehan waktu dan bantuan yang digunakan oleh siswa	51
Tabel 4.5. Hasil Klasifikasi level kognitif siswa tunarungu.....	52
Tabel 4.6. Hasil proses klasifikasi level kognitif siswa tunarungu	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Repartisi Pasar " <i>Serious Game</i> " dirilis setelah tahun 2002[1265 permainan]	5
Gambar 2.2 Desain Jantung <i>Serious Game</i> (Winn, B., & Heeter, C. 2006-2007).....	7
Gambar 2.3. Taksonomi Bloom Ranah Kognitif	9
Gambar 2.4. Cara Pengoprasian Sifteo (WWW.Sifteo.com).....	10
Gambar 2.5. Satu Paket Sifteo <i>Cubes</i> (Sifteo team, 2011)	11
Gambar 2.6. (a). tampilan <i>cube</i> saat soal mulai diberikan., (b). cara penyelesaian yang mungkin akan dilakukan <i>user</i> dengan nilai benar., (c). kemungkinan yang dapat dilakukan <i>user</i> dalam menyusun <i>cube</i> dengan jawaban salah.	12
Gambar 2.7 SVM berusaha menemukan hyperplane terbaik yang memisahkan kedua kelas (-1 dan $+1$) (Nugroho, dkk., 2003)	23
Gambar 2.8. <i>Soft margin hyperplane</i> . (Burges, 1998)	26
Gambar 2.9. Metode klasifikasi SVM <i>one against all</i> untuk empat kelas.....	28
Gambar 2.10. Metode klasifikasi SVM <i>ones against ones</i> untuk empat kelas	29
Gambar 2.11. Metode klasifikasi SVM <i>half against half</i> untuk empat kelas	31
Gambar 3.1. Metode Langkah Penelitian Klasifikasi Siswa Tunarungu	33
Gambar 3.2. Alur Skenario <i>Serious game</i> yang digunakan dalam penelitian klasifikasi siswa tunarungu	38
Gambar 3.3. Kurva ROC (Fawcett, 2005)	44
Gambar 4.1. (a) siswa saat penyegaran materi sebelum mengerjakan soal. (b) siswa yang sedang mengerjakan soal tes dalam kelas	46
Gambar 4.2. perolehan nilai <i>placement test</i> siswa	47
Gambar 4.3. persentase perolehan nilai <i>placement test</i> siswa	47
Gambar 4.4. siswa tinarungu dibimbing guru belajar menggunakan sifteo.....	48
Gambar 4.5. Perbandingan prediksi level kognitif	53



DAFTAR NOMENKLATUR

α_i :	<i>Lagrange multipliers</i>
c :	<i>Pinalti</i>
d :	<i>affine subspace</i>
F :	<i>feature space</i>
ξ_i :	<i>variabel slack</i>
k :	<i>banyaknya kelas</i>
x :	<i>Kelas data</i>
w :	<i>Bobot Kelas</i>
y :	<i>Tag</i>

DAFTAR PUSTAKA

- Bergeron, Bryan (2006) *Essentials of knowledge management new jersey*: john wiley & son
- Brown J., Dubois R. 2004. Cyclooxygenase-2 in lung carcinogenesis and chemoprevention, Roger SM Lecture. *Chest*. 125: 134S-40S.
- Burges, J.C. (1998), "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition", *Data Mining and Knowledge Discovery*, Vol.2, No. 2, hal. 955-974.
- Cruickshank, D. R & Metcalf, K K. (1990). Training within teacher preparation. In W. R. Houston (Ed.). *Handbook of research on teacher education* (pp.469-497). New York: Macmillan.
- Djaouti D., Alvarez J., Jessel J-P., Rampoux O. (2011), *Origins of Serious Games, Serious Games and Edutainment Applications*, Springer, pp.25-43
- Fawcett, T., (2006), "An Introduction to ROC Analysis", *Pattern Recognition Letter* 27, hal. 861-874
- Guyon, I., Boser, B.E., and Vapnik, V.N., 1992. "A training algorithm for optimal margin classifiers". In the annual workshop of computational learning theory, pages 144–152. ACM.
- Heri. Purwanto (1998). *Pengantar perilaku manusia untuk keperawatan*. Jakarta: EGC
- Jones, K.O., Harland, J., Reid, J.M.V., Bartlett, R., (2009). *Relationship between examination questions and bloom's taxonomy*, in: *Frontiers in Education Conference, 2009. FIE '09*. 39th IEEE. pp. 1–6.
- Hsu S.H. [et al.] A two-stage architecture for stock price forecasting by integrating self-organizing map and support vector regression [Jurnal]. - [s.l.] : Elsevier Expert Systems with Applications , 2009. - 7947–7951 : Vol. 36.
- Jones, K.O., Harland, J., Reid, J.M.V., Bartlett, R., (2009). *Relationship between examination questions and bloom's taxonomy*, in: *Frontiers in Education Conference, 2009. FIE '09*. 39th IEEE. pp. 1–6.
- Kebritchi, M., Hirumi, A. & bai, H. (2010), *The Effects of Modern Mathematics Computer Games on Mathematics Achievement and Class Motivation*, *Computers & Education*, 55(2), 427-443
- Mohammadi, M., and Gharehpetian, G. B. (2009), "Application of multi-class support vector machines for power system on-line static security assessment using DT-based feature and data selection algorithm", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 20, 133-146
- Moores, D. F. (1981). *Educating The Deaf*. Boston : Houghton Mifflin Company.
- Murni Winarsih. 2007. *Intervensi Dini Bagi Anak Tunarungu Dalam Pemerolehan Bahasa*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Direktorat Ketenagaan.
- Nugroho, A. S. dkk. (2003), *Support Vector Machine : Teori dan Aplikasinya dalam Bioinformatika*. IlmuKomputer.Com, Indonesia.
- Sadja'ah, Edja. (2005). *Pendidikan bahasa bagi anak gangguan mendengar*. Jakarta: departemen pendidikan nasional.

- Sawyer B. (2002), *Serious Games: Improving Public Policy through Game-Based Learning and Simulation*, Foresight and Governance Project White paper, Woodrow Wilson International Center for Scholars. Publication 2002-1. Retrieved October 5, 2006, from <http://www.seriousgames.org/images/seriousarticle.pdf>
- Shreve, J. (2005, April). Let the *games* begin. Edutopia. Retrieved July 12, 2006, from, http://www.edutopia.org/magazine/ed1article.php?id=art_1268&issue=apr_05
- Sifteo.com Frequently Asked Questions. Diakses pada 8 Februari 2012.
- Simulation: A Survey*. IEEE Transaction on Computational Intelligence and AI in Games.
- Somad, Permanarian dan Hernawati, Tati (1995). Ortopedagogik anak tunarungu. Jakarta: depdikbud dirjen dikti.
- Suparno. (2001). Teori perkembangan kognitif piaget. Yogyakarta:kinisius
- Ulicsak, M. and Wright, M. (2010), *Games in Education: Serious Games* (A Futurelab literature review), Futurelab, www.futurelab.org.uk/projects/games-in-education
- Winn, B. M. (2011), The Design, Play, and Experience Framework, *Games for Entertainment and Learning (GEL) Lab*, Dept. of Telecommunication, Information Studies, and Media, Michigan State University
- Winn, B., & Heeter, C. (2006-2007, December/January) Resolving Conflicts in Educational *Game Design Through Playtesting*, *Innovate Journal of Online Education*, vol. 3, no. 2
- Yusoff A, Crowder R, Gilbert L, Wills G. A Conceptual Framework For Serious Games. In IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies;2009. p. 21-23.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to *games*. *Computer*, 38(9):25-32.



BIOGRAFI PENULIS

Ratih Fabayana lahir di Lamongan 14 Maret 1987. Tahun 2008 penulis lulus dari Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Tahun 2010 penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Negeri Surabaya pada Prodi Pendidikan Teknik Elektro, Setelah tamat pada tahun 2012 dia mengajar di SMAN 5 Surabaya hingga saat ini dan Selanjutnya penulis melanjutkan studi S2 di Jurusan Teknik Elektro Bidang Keahlian Jaringan Cerdas Multimedia FTI-ITS Surabaya. Penulis sangat tertarik dengan dunia pendidikan, itulah sebabnya penulis mengambil tema penelitian game untuk membantu pembelajaran pada siswa tunarungu. “*Semangat, Usaha dan Do’a*” merupakan prinsip dan motto hidup penulis. Penulis dapat dihubungi melalui fahapunya@gmail.com

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Inteligensi anak tunarungu secara potensial pada umumnya sama dengan anak normal, tetapi secara fungsional perkembangannya dipengaruhi oleh tingkat kemampuan berbahasa (Moore, 1982). Keterbatasan informasi dan kurangnya daya abstraksi anak akibat ketunarunguan menghambat proses pencapaian pengetahuan yang lebih luas, dengan demikian perkembangan inteligensi secara fungsional juga terhambat. Hal ini mengakibatkan anak tunarungu kadang-kadang menampakkan keterlambatan dalam belajar dan menampakkan keterbelakangan mental.

Anak-anak tunarungu sering memperlihatkan keterlambatan dalam belajar dan kadang tampak terbelakang. Keadaan ini tidak hanya disebabkan oleh derajat gangguan pendengaran yang dialami anak, tetapi juga tergantung pada potensi kecerdasan yang dimiliki, rangsangan mental, serta dorongan dari lingkungan luar yang memberikan kesempatan bagi anak untuk mengembangkan kecerdasan itu (Cruickshank, 1981).

Keterlambatan atau prestasi rendah anak tunarungu dalam mengerjakan tugas dimana dituntut penalaran dengan bahasa bukan berarti potensi kecerdasan atau inteligensi mereka rendah. Bila kesulitan dalam penyampaian instruksi pada tes kecerdasan dapat diatasi dan perangkat tes yang digunakan bersifat non verbal yaitu tidak menuntut kemampuan berbahasa lisan maka anak tunarungu menunjukkan penyebaran angka kecerdasan yang normal artinya sebagian besar diantara mereka akan berada pada taraf rata-rata (Myklebust, 1964).

Dalam melakukan sebuah pembelajaran pada Anak tunarungu, guru harus melakukan pendekatan dan penggunaan bahasa isyarat untuk menyampaikan informasi pada anak tersebut, namun sebelum melakukan pembelajaran, guru harus mengetahui tingkat kecerdasan yang dimiliki oleh siswa tunarungu tersebut. Cara untuk mengetahui tingkat kecerdasan anak dapat dilakukan dengan mengadakan pengamatan dan tes untuk sebuah penilaian. Penilaian merupakan

langkah krusial dalam menentukan apakah perkembangan konsep pembelajar mampu mencapai keterampilan berpikir tingkat tinggi atau tidak (Jones et al., 2009). Penilaian memiliki fungsi sebagai: (a) alat dalam mengukur ketercapaian tujuan pembelajaran, (b) umpan balik bagi perbaikan pembelajaran, serta (c) sebagai dasar penyusunan pertanggungjawaban kepada pihak-pihak pemangku kepentingan.

Di dalam pembelajaran, ketika berbicara penilaian maka secara otomatis yang dijadikan indikator adalah skor tes. Oleh karena itu penilaian yang banyak dilakukan meliputi: penilaian formatif dan sumatif. Penilaian formatif memiliki karakteristik: penilaiannya dilakukan secara menerus dan bersifat diagnostik. Hasil penilaian formatif diterapkan langsung sebagai perbaikan pembelajaran berikutnya. Penilaian sumatif merupakan penilaian yang dilakukan di akhir pembelajaran. Penilaian sumatif lebih menitikberatkan pada penilaian ketercapaian tujuan pembelajaran. Hasil dari penilaian ini berupa skor tes.

Dengan kemajuan di bidang teknologi, prinsip-prinsip penilaian di atas memiliki peluang besar untuk dapat dioperasionalkan. Dalam penilaian berbantuan teknologi berbentuk permainan edukatif (*serious game*), pemahaman penilaian keterampilan kognitif tidak disempitkan hanya pada skor saja namun mencakup proses dalam pencapaian tujuan pembelajaran. Penilaian dengan *serious game* mampu memberikan efek Hawthorne yang berpengaruh positif pada penilaian (Brown et al., 2009). Efek Hawthorne mirip dengan efek Plasebo di mana perilaku subjek penilaian sementara dikamufase ke kondisi yang menguntungkan bagi diri subjek. Dengan cara ini subjek penelitian diharapkan merasa mendapat perlakuan khusus yang akan membantu mereka melakukan tugas tertentu menjadi lebih efektif. Efek ini dapat dimunculkan melalui penggunaan *serious game* dalam melakukan penilaian karena penggunaan *game* dikenal menyenangkan dan menghibur, serta ketika digabungkan dengan materi pembelajaran maka *game* dapat menantang pembelajar memainkan *game* dan tetap terlibat sampai tercapainya tujuan pembelajaran (Yusoff, 2010).

Pada penelitian ini tantangan *game* diberikan dengan menggunakan materi penjumlahan sederhana pada tingkat Sekolah Dasar. *Game* yang digunakan adalah

serious game pada sifteo. Sifteo merupakan mainan digital yang berbentuk balok, digunakan untuk memainkan sebuah *game* (*video games*). Sifteo merupakan perangkat yang didesain dengan metode *sensitive technology*, gabungan teknologi sensor dan komputasi canggih. Dengan spesifikasi ukuran yang pas dan menunjang *game*, kemampuan menampilkan tampilan yang menarik akan membuat anak tunarungu merasa tertarik dalam menjalankannya sebuah *game*.

Perpindahan level tantangan dilakukan manual melalui pengintegrasian domain kognitif dari taksonomi Bloom. Tantangan diberikan dari kemampuan berpikir sederhana sampai pada kemampuan berpikir kompleks. Dengan demikian, secara penalaran kenaikan level tantangan akan bergerak mengiringi perolehan pengalaman pengetahuan pemain dalam menggunakan *game* serta mampu mendongkrak keterampilan anak tunarungu.

Dari latar belakang di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan klasifikasi siswa berbasis data sifteo, dari kemampuan rekaman waktu dan bantuan pada sifteo, dapat digunakan untuk mengetahui pengalaman permainan seorang anak tunarungu dalam menyelesaikan soal pada *game*. Kedua parameter tersebut akan dimasukkan dalam *machine learning* menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) untuk mengklasifikasi kemampuan kognitif siswa. Diharapkan hasil klasifikasi dengan parameter yang digunakan pada penelitian ini dapat mengklasifikasi kemampuan siswa tunarungu dengan lebih akurat. Dengan adanya klasifikasi, diharapkan dapat memberikan bantuan informasi bagi pengajar dalam memberikan materi pembelajaran pendekatan model belajar yang sesuai dengan kemampuan kognitif siswa.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah:

1. Seorang guru perlu mengetahui tingkat kognitif siswa tunarungu sebelum melakukan pembelajaran, anak tunarungu akan sulit memahami materi jika metode pembelajaran tidak disesuaikan dengan kemampuan kognitifnya, sehingga mereka perlu dikelompokkan berdasarkan kemampuan kognitifnya. Asesmen dengan cara manual dimungkinkan akan terdapat

kekeliruan dalam klasifikasi siswa berdasarkan kemampuan kognitifnya, diusulkan penggunaan sifteo untuk melakukan tugas klasifikasi siswa berdasarkan kemampuan kognitifnya.

2. *Tools serious game* pada sifteo yang dijadikan media untuk memperoleh data belum memiliki sistem klasifikasi berdasarkan kemampuan kognitif.

1.3 Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini tujuan yang diharapkan adalah:

1. Dengan menggunakan rekaman waktu dan bantuan pada sifteo, dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi kemampuan kognitif siswa.
2. Diharapkan hasil klasifikasi dengan data game sifteo yang digunakan pada penelitian ini, dapat untuk melakukan klasifikasi kemampuan siswa tunarungu dengan lebih akurat dibandingkan dengan cara konvensional.

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini manfaat yang akan didapatkan adalah:

1. Membantu mengetahui klasifikasi tingkat domain kognitif siswa tunarungu dalam kemampuan aritmatika sederhana.
2. Melatih anak tunarungu dalam proses pembelajaran berorientasi *learning by doing* dalam menyelesaikan sebuah permasalahan.

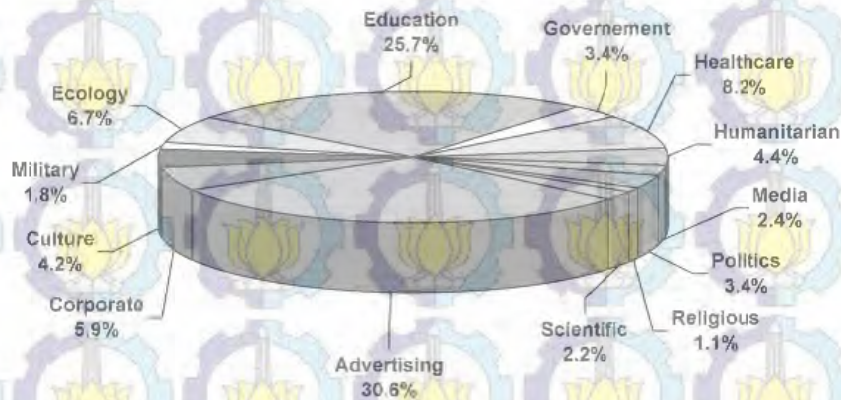
BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 *Serious Game*

Game, *VideoGame* dan *SeriousGame* adalah sebagai berikut; *Game* merupakan kontes fisik atau mental dengan bermain menurut aturan tertentu, untuk tujuan menghibur atau penghargaan peserta. *VideoGame* merupakan kontes mental, bermain dengan komputer sesuai dengan aturan tertentu untuk hiburan, rekreasi, atau memenangkan sebuah wilayah. Sedangkan *SeriousGame* merupakan kontes mental melalui bermain dengan komputer sesuai dengan aturan khusus yang menggunakan hiburan dengan sasaran untuk pemerintahan atau pelatihan pada perusahaan, pendidikan, kesehatan, kebijakan publik, dan komunikasi strategis(Zyda, 2005)..

Djaoutidan rekan-rekan(Djaouti D., et al., 2011). membagi kelompok *serious games* yang dirilis setelah tahun 2002 adalah seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Repartisi Pasar "*Serious Game*" dirilis setelah tahun 2002 [1265 permainan]

Untuk *serious games* dengan sasaran pendidikan, Kebritch dan rekan-rekan menggunakan istilah permainan instruksional untuk permainan komputer yang dirancang untuk tujuan pelatihan atau pendidikan (Kebritchi, et al. 2010). *Serious games* memiliki tujuan di luar hiburan, termasuk (namun tidak terbatas pada) pembelajaran, kesehatan, periklanan, dan perubahan sosial (Sawyer B., 2002). Beberapa *serious games* dimungkinkan untuk dapat memberikan pembelajaran terselubung bagi pemain yang tidak difokuskan

pada belajar tapi pada aktifitas bermain (Shreve, J. 2005). Sampai saat ini, tim pengembangan *serious games* telah memanfaatkan beragam gabungan metodologi desain *gamedan* desain instruksional untuk membantu mewujudkan desain mereka (Winn, 2011).

Dalam komunitas riset tidak ada definisi tetap tentang *serious game*. Meskipun mayoritas memandang bahwa *serious game*: memiliki model pembelajaran tertanam, dengan konten terintegrasi ke dalam permainan sehingga belajar adalah kegiatan di dalam bermain, dan penilaian belajar mungkin dapat dilakukan terpadu pada permainan atau terjadi melalui perantaraan sekitar kegiatan permainan (Ulitsak, et al 2010).

Dalam merancang *serious games* disadari bahwa ada tiga perspektif yang perlu mendapatkan perhatian, yaitu: 1) akademisi (menitik beratkan pada teori akademik, bidang pedagogi, teori komunikasi, dan lainnya), 2) konten (menitik beratkan pada pemberian materi pelajaran) dan 3) perancangan permainan (berfokus pada menciptakan kondisi bermain *game* yang menarik dan menghibur) (Winn, 2011). Dalam rangka untuk mendapatkan suatu *serious game* yang mencapai sasaran, tim pengembangan dengan cepat menemukan bahwa masing-masing perspektif harus dikumpulkan dalam fitur desain *game*, sehingga perancangan teori, konten, dan desain *game* yang kompatibel dan saling melengkapi. Gambar 2.2 menunjukkan tumpang tindih antara teori, konten, dan bentuk desain permainan, itu merupakan jantung dari desain *serious game* (Winn, 2006).



Gambar2.2: Desain Jantung *Serious Game*(Winn, et al. 2006).

Bryan Bergeron mendefinisikan *serious games* sebagai aplikasi komputer interaktif, dengan atau tanpa perangkat keras yang:

- a. memiliki tujuan menantang
- b. menyenangkan untuk dimainkan dan/atau digunakan
- c. menggabungkan beragam konsep penilaian
- d. menanamkan keterampilan, pengetahuan atau sikap yang dapat digunakan di dunia nyata. (Bergeron, 2006).

(Lope, et al 2011) mendefinisikan *serious games* sebagai permainan yang memiliki tujuan lebih dari sekedar menyenangkan, di mana pemain diarahkan mampu mencapai tujuan pembelajaran melalui lingkungan terbimbing. Arah ini jelas ditujukan untuk tercapainya efisiensi transfer pengetahuan dari permainan ke pemain.

Berdasarkan definisi-definisi yang diberikan, *serious game* berbeda dengan *game* untuk hiburan. melihat perbedaan ini dari dua perspektif yakni: desain dan pengembangannya. Tabel 2.1 menyajikan rangkuman perbedaan antara *serious game* dari *game* untuk hiburan.

Tabel 2.1 Perbedaan antara *Game* untuk Hiburan dari *Serious Game*

	<i>Serious Game</i>	<i>Game</i> untuk Hiburan
Tugas vs pengayaan pengalaman	Fokus pada pemecahan masalah	Lebih disukai memperkaya pengalaman
Fokus	Elemen-elemen penting pembe-lajaran	Memperoleh kesenangan
Simulasi	Asumsi menjadi keharusan agar simulasi dapat berjalan	Penyederhanaan proses simulasi.
Komunikasi	Menunjukkan komunikasi alami (tidak sempurna)	Komunikasi sering sempurna

2.2 Taksonomi bloom

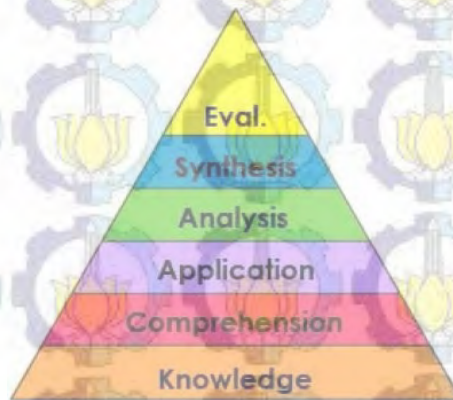
Taksonomi berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani yaitu *tassein* yang berarti mengklasifikasi dan *nomos* yang berarti aturan. Jadi Taksonomi berarti hierarki klasifikasi atas prinsip dasar atau aturan. Istilah ini kemudian digunakan oleh Benjamin Samuel Bloom, Taksonomi Bloom adalah struktur hierarki yang mengidentifikasikan *skills* mulai dari tingkat yang rendah hingga yang tinggi. Tentunya untuk mencapai tujuan yang lebih tinggi, level yang rendah harus dipenuhi lebih dulu.

Dalam kerangka konsep ini, tujuan pendidikan ini oleh Bloom dibagi menjadi tiga domain/ranah kemampuan intelektual (*intellectual behaviors*) yaitu kognitif, afektif dan psikomotorik. Ranah Kognitif berisi perilaku yang menekankan aspek intelektual, seperti pengetahuan, dan keterampilan berpikir. Ranah afektif mencakup perilaku terkait dengan emosi, misalnya perasaan, nilai, minat, motivasi, dan sikap. Sedangkan ranah Psikomotorik berisi perilaku yang menekankan fungsi manipulatif dan keterampilan motorik / kemampuan fisik, berenang, dan mengoperasikan mesin. Para *trainer* biasanya mengkaitkan ketiga ranah ini dengan *Knowledge, Skill and Attitude* (KSA).

Kognitif menekankan pada *Knowledge*, Afektif pada *Attitude*, dan Psikomotorik pada *Skill*. Sebenarnya di Indonesia pun, kita memiliki tokoh pendidikan, Ki Hajar Dewantara yang terkenal dengan doktrinnya Cipta, Rasa dan Karsa atau Penalaran, Penghayatan, dan Pengamalan. Cipta dapat

diidentikkan dengan ranah kognitif, rasa dengan ranah afektif dan karsa dengan ranah psikomotorik.

Ranah kognitif mengurutkan keahlian berpikir sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Proses berpikir menggambarkan tahap berpikir yang harus dikuasai oleh anak tunarungu agar mampu mengaplikasikan teori kedalam perbuatan. Ranah kognitif ini terdiri atas enam level, yaitu: (1) *knowledge* (pengetahuan), (2) *comprehension* (pemahaman atau persepsi), (3) *application* (penerapan), (4) *analysis* (penguraian atau penjabaran), (5) *synthesis* (pemaduan), dan (6) *evaluation* (penilaian). Level ranah ini dapat digambarkan dalam bentuk piramida yang dapat diamati pada Gambar 2.3:



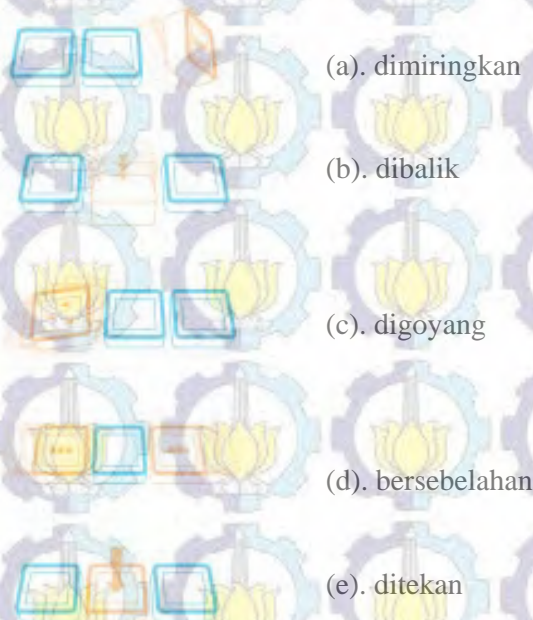
Gambar 2.3 Taksonomi Bloom Ranah Kognitif

Tiga level pertama (terbawah) merupakan *Lower Order Thinking Skills*, sedangkan tiga level berikutnya *Higher Order Thinking Skill*. Namun demikian pembuatan level ini bukan berarti bahwa *lower level* tidak penting. Justru *lower order thinking skill* ini harus dilalui dulu untuk naik ke tingkat berikutnya. Skema ini hanya menunjukkan bahwa semakin tinggi semakin sulit kemampuan berpikirnya.

2.3 Sifteo

Sifteo merupakan mainan digital yang berbentuk balok, digunakan untuk *game* (video games) yang merupakan hasil karya David Merrill dan Jeevan Kalanithi, tujuan mereka adalah untuk bisa mengkombinasikan fleksibilitas videogames dan juga kemudahan bermain *board games*. Pada sifteo setiap

bog kubus dapat berinteraksi satu sama lain bila disentuhkan satusama lain, cara perpindahan kubus diantaranya dapat dilakukan dengan cara memiringkan kubus sifteo, membalik sifteo, menggoyangkannya, dapat pula dilakukan dengan cara disentuhkan satu kubus ke kubus lain dan dapat juga ditekan bagian layarnya. Secara visual pengoprasian sifteo dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Cara Pengoprasian Sifteo(WWW.Sifteo.com)

Permainan dilakukan dengan cara memiringkan, memutar, menggoyang, dan menekan kubus tersebut. Antar kubus bisa berkomunikasi secara nirkabel dan menanggapi satu sama lain sehingga membentuk *semantic connection*.

Kubus ini dilengkapi dengan sensor *accelerometer*, *proximity*, *touch screen LCD*, dan perangkat nirkabel. Dengan kemampuan seperti ini, kubus bisa dikatakan sebagai *smart object*. Sifteo merupakan perangkat yang didesain dengan metode sensitive teknologi gabungan teknologi sensor dan komputansi canggih. Sifteo terdiri dari tiga kubus dan satu cube yang

berfungsi sebagai server yang berguna untuk mengendalikan, menyalakan, mematikan, menghentikan permainan pada sifteo. secara visual perangkat sifteo dapat diamati pada Gambar 2.5. pada cube server sifteo terdapat port usb untuk memasukkan *game* yang di *upload* dari PC.



Gambar 2.5 Satu Paket Sifteo *Cubes*(Sifteo team, 2011)

Dalam aplikasinya, sifteo telah memberikan kemudahan bagi para konsumen untuk melakukan pengembangan *game* yang dapat dijalankan menggunakan sifteo.

Dengan *Software Development Kit* (SDK) yang disediakan diantaranya terdapat beberapa versi yang bias disesuaikan dengan OS yang digunakan, diantaranya MAC, LINUX dan Windows, hal ini akan membantu untuk melakukan simulasi dalam pembuatan *game* yang sesuai dengan tujuan. Untuk pengembangannya sifteo menggunakan bahasa pemrograman C++. Sifteo *cubes* memiliki spesifikasi sebagai berikut:Prosesor 32-bit ARM CPU, Resolusi 128 x 128 color TFT LCD, Fitur 3-axis accelerometer, 8MB Flash, Lithium Polymer rechargeable battery, 2.4 GHz wireless radio, Proprietary near-field object sensing technology.

2.3.1 *Geme play sifteo*

Permainan pada sifteo dapat dilakukan dengan caramelakukan interaksi antara *cube* satu dengan *cube* lainnya, interaksi yang dilakukan harus sesuai dengan jenis permainan dan strategi yang ada. Permaian dapat dijalankan dengan menggunakan minimal tiga buah *cube* dan maksimal dua belas *cube*. Dalam penelitian ini *game* yang

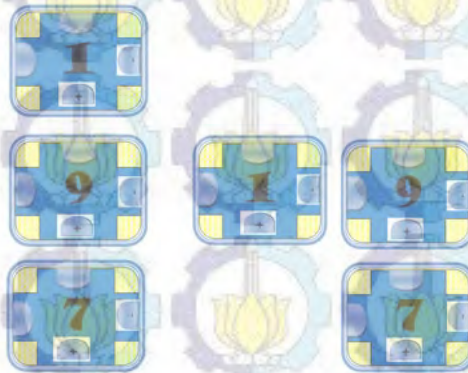
akan digunakan adalah *code cracker*. *code cracker* adalah jenis *game* yang dirancang untuk melatih *user* dalam kemampuan pengolahan angka untuk menentukan strategi dalam memecahkan masalah perhitungan sederhana.. Untuk pengoprasian *sifteo* dengan tujuan memilih menu permainan dapat dilakukan dengan memiringkan salah satu *cube* yang terdapat di layar *sifteo*, dan menyentuh layar untuk menentukan menu yang akan dipilih.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2.6 (a).tampilan *cube* saat soal mulai diberikan., (b). cara penyelesaian yang mungkin akan dilakukan *user* dengan nilai benar., (c). kemungkinan yang dapat dilakukan *user* dalam menyusun *cube* dengan jawaban salah.

Pada Gambar 2.6 penyusunan *cube* untuk dapat menghasilkan nilai lima belas dapat dilakukan dengan dua cara penyelesaian, yaitu *cube* dengan angka sembilan ditambahkan dengan *cube* dengan angka tujuh, baru kemudian dikurangkan dengan *cube* yang bernilai satu, ($9+7-1=15$) hasil yang diperoleh adalah lima belas. Penyusunan *cube* yang berbeda, akan dapat menghasilkan strategi berbeda dengan banyak kemungkinan jawaban salah atau pun jawaban benar. Semisal *cube* yang bernilai sembilan ditambahkan *cube* yang bernilai satu kemudian hasilnya ditambah dengan *cube* yang bernilai tujuh, maka hasil yang akan diperoleh adalah tujuh belas ($9+1+7=17$), jawaban ini adalah bernilai salah karena tidak sesuai dengan target *cube* yang diharapkan.

Penggunaan konten permainan seperti ini dengan harapan anak tunarungu dapat melakukan pembelajaran dengan basis *learning by doing* dengan banyak melakukan percobaan Anak tunarungu dapat terasah kemampuan psikomotor dan kognitifnya.

2.4 Anak Tunarungu

Secara umum anak tunarungu dapat diartikan anak yang tidak dapat mendengar. Tidak dapat mendengar tersebut dapat dimungkinkan kurang dengar atau tidak mendengar sama sekali. Secara fisik, anak tunarungu tidak berbeda dengan anak dengar pada umumnya, sebab orang akan mengetahui bahwa anak menyandang ketunarunguan pada saat berbicara, anak tersebut berbicara tanpa suara atau dengan suara yang kurang atau tidak jelas artikulasinya, atau bahkan tidak berbicara sama sekali, anak tersebut hanya berisyarat. Agar dapat diperoleh pengertian yang lebih jelas tentang anak tunarungu, berikut ini dikemukakan definisi anak tunarungu oleh beberapa ahli.

Anak tunarungu adalah seseorang yang mengalami kekurangan atau kehilangan kemampuan mendengar baik sebagian atau seluruhnya yang diakibatkan oleh tidak fungsinya sebagian atau seluruh alat pendengaran, sehingga anak tersebut tidak dapat menggunakan alat pendengarannya dalam kehidupan sehari-hari. Hal tersebut berdampak terhadap kehidupannya secara

kompleks terutama pada kemampuan berbahasa sebagai alat komunikasi yang sangat penting. Gangguan mendengar yang dialami anak tunarungu menyebabkan terhambatnya perkembangan bahasa anak, karena perkembangan tersebut, sangat penting untuk berkomunikasi dengan orang lain (Winarsih, 2007).

Tingkat intelegensi anak tunarungu sangat bervariasi dari yang rendah hingga jenius. Anak tunarungu yang memiliki intelegensi normal pada umumnya tingkat prestasinya di sekolah rendah. Hal ini disebabkan oleh perolehan informasi dan pemahaman bahasa lebih sedikit bila dibandingkan dengan anak yang mampu mendengar. Dalam mendapatkan informasi Anak tunarungu menggunakan indera yang masih berfungsi, seperti indera pengelihat, perabaan, pengecap, dan penciuman.

Anak tunarungu mendapatkan pendidikan khusus informal dan formal. Pendidikan informal yang menangani anak tunarungu yaitu LSM, organisasi penyandang cacat, posyandu dan klinik-klinik anak berkebutuhan khusus. Lembaga pendidikan formal yang menangani anak tunarungu adalah *home schooling*, sekolah inklusi, dan Sekolah Luar Biasa (SLB). Penyelenggaraan pendidikan khusus tersebut termuat dalam UU No.20 tahun 2003 tentang sistem pendidikan nasional pasal 32 ayat 1 yang menyatakan bahwa pendidikan khusus merupakan pendidikan bagi peserta didik yang memiliki tingkat kesulitan dalam mengikuti proses pembelajaran karena memiliki kelainan fisik, emosional, mental, sosial dan memiliki potensi kecerdasan dan bakat istimewa. Pendidikan khusus yang dimaksud yaitu pemberian layanan pendidikan sesuai kebutuhan anak tunarungu.

Dalam pelaksanaannya, Pendidikan khusus dilaksanakan secara tersistem. Salah satu wujud pendidikan khusus yang diberikan adalah pelaksanaan pembelajaran secara berkelas. Pelaksanaan pembelajaran bagi anak tunarungu harus dimulai dari hal-hal yang dialami anak dalam kehidupan sehari-hari. Prinsip pembelajaran bagi anak tunarungu dimulai dari hal-hal yang mudah kemudian berangsur ketingkat yang lebih sulit. Pembelajaran yang dilakukan

bagi anak tunarungu dapat dilakukan dengan cara memberikan pengalaman-pengalaman nyata dan secara berulang-ulang.

Anak tunarungu kurang memiliki pemahaman informasi verbal. Hal ini menyebabkan anak sulit menerima materi yang bersifat abstrak, sehingga dibutuhkan media untuk memudahkan pemahaman suatu konsep pada anak tunarungu. Media pembelajaran yang menarik dirasa sebagai media yang relevan untuk membantu anak tunarungu dalam mengatasi permasalahan pembelajaran yang memiliki materi abstrak.

Berkomunikasi dengan orang lain membutuhkan bahasa dengan artikulasi atau ucapan yang jelas sehingga pesan yang akan disampaikan dapat tersampaikan dengan baik dan mempunyai satu makna, sehingga tidak ada salah tafsir makna yang dikomunikasikan. Sedangkan Iwin Suwarman (Edja, 2005), pakar bidang medik, memiliki pandangan yang sama bahwa anak tunarungu dikategorikan menjadi dua kelompok. Pertama *Hard of hearing* adalah seseorang yang masih memiliki sisa pendengaran sedemikian rupa sehingga masih cukup untuk digunakan sebagai alat penangkap proses mendengar sebagai bekal primer penguasaan kemahiran bahasa dan komunikasi dengan yang lain baik dengan maupun tanpa menggunakan alat bantu dengar. Kedua anak tunarungu adalah seseorang yang tidak memiliki indera dengar sedemikian rendah sehingga tidak mampu berfungsi sebagai alat penguasaan bahasa dan komunikasi, baik dengan ataupun tanpa menggunakan alat bantu dengar. Kemampuan anak tunarungu yang tergolong kurang dengar akan lebih mudah mendapat informasi sehingga kemampuan bahasanya akan lebih baik. Anak tuli yang sudah tidak mempunyai sisa pendengaran otomatis untuk mendapat informasi sulit sehingga kemampuan bahasanya kurang baik.

Anak tunarungu adalah seseorang yang mengalami kekurangan atau kehilangan kemampuan mendengar baik sebagian atau seluruhnya yang diakibatkan karena tidak berfungsinya sebagian atau seluruh alat pendengaran, sehingga ia tidak dapat menggunakan alat pendengarannya dalam kehidupan sehari-hari yang membawa dampak terhadap kehidupannya secara kompleks (Somad, et al 1995). menyatakan bahwa.

Mencermati berbagai pengertian di atas maka dapat disimpulkan bahwa ketunarunguan adalah seseorang yang mengalami gangguan pendengaran yang meliputi seluruh gradasi ringan, sedang, dan sangat berat yang dalam hal ini dapat dikelompokkan menjadi dua golongan yaitu kurang dengar dan tuli, yang menyebabkan terganggunya proses perolehan informasi atau bahasa sebagai alat komunikasi. Besar kecil kehilangan pendengaran sangat berpengaruh terhadap kemampuan komunikasinya dalam kehidupan sehari-hari, terutama bicara dengan artikulasi yang jelas dan benar. Bicara dengan artikulasi yang jelas akan mempermudah orang lain memahami pesan yang disampaikan.

Dalam penelitian ini terdapat satu anak yang mengalami tunarungu sebagian, dengan artian masih dapat mendengarkan suara orang lain, meskipun demikian artikulasi anak masih rendah karena artikulasinya tidak terlatih dengan baik, baik di rumah maupun di sekolah sering menggunakan isyarat dan oral yang kurang jelas. Selain itu juga lingkungan yang kurang mendukung anak mendapat model berbicara dengan artikulasi yang benar dan jelas. Dan dua anak mengalami tunarungu total, mereka termasuk anak yang rajin belajar di kelas, tetapi kalau disuruh mengucapkan kata dengan artikulasi yang tepat dan jelas anak tersebut selalu berkata “aku tidak bisa bicara, karena aku tidak bisa mendengar suara”. Anak tersebut merasa minder untuk mengucapkan sesuatu kata, merasa tidak mampu mengucapkan kata-kata dengan tepat dan jelas.

2.4.1 Klasifikasi Anak Tunarungu

Kemampuan mendengar dari individu yang satu berbeda dengan individu lainnya. Apabila kemampuan mendengar dari seseorang ternyata sama dengan kebanyakan orang, berarti pendengaran anak tersebut dapat dikatakan normal. Bagi tunarungu yang mengalami hambatan dalam pendengaran itu pun masih dapat dikelompokkan berdasarkan kemampuan anak yang mendengar. Lebih lanjut untuk mengetahui pengelompokkannya, penulis memaparkan sebagai berikut :

Klasifikasi anak tunarungu yang dikemukakan oleh Samuel A. Kirk (Somad, et al. 2005) adalah sebagai berikut :

- a. 0 dB : menunjukkan pendengaran optimal.
- b. 0-26 dB : menunjukkan masih mempunyai pendengaran normal.
- c. 27-40 dB : menunjukkan kesulitan mendengar bunyi-bunyi yang jauh, membutuhkan tempat duduk yang strategis letaknya dan memerlukan terapi wicara (tergolong tunarungu ringan).
- d. 41-55 dB : mengerti bahasa percakapan, tidak dapat mengikuti diskusi kelas, membutuhkan alat bantu dengar dan terapi bicara (tergolong tunarungu sedang).
- e. 56-70 dB : hanya bisa mendengar suara dari arak yang dekat, masih mempunyai sisa pendengaran untuk belajar bahasa ekspresif ataupun reseptif dan bicara dengan menggunakan alat bantu dengar serta dengan cara yang khusus (tergolong tunarungu agak berat).
- f. 71-90 dB : hanya bisa mendengar bunyi yang sangat dekat, kadang dianggap tuli, membutuhkan pendidikan luar biasa yang intensif, membutuhkan alat bantu mendengar (ABM) dan latihan bicara secara khusus (tergolong tunarungu berat).
- g. 91 dB keatas : mungkin sadar akan adanya bunyi atau suara dan getaran, banyak tergantung pada penglihatan daripada pendengarannya untuk proses menerima informasi dan yang bersangkutan dianggap tuli (tergolong tunarungu berat sekali).

Kehilangan pendengaran pada anak tunarungu dapat diklasifikasikan dari 0dB-91 dB ke atas. Setiap tingkatan kehilangan pendengaran mempunyai pada kemampuan mendengar suara atau bunyi yang berbeda-beda, sehingga mempengaruhi kemampuan komunikasi anak tunarungu. Terutama, pada kemampuan anak berbicara dengan artikulasi yang tepat dan jelas. Semakin tinggi kehilangan pendengarannya, maka semakin lemah kemampuan artikulasinya.

Berdasarkan tingkat kehilangan ketajaman pendengaran yang diukur dengan satuan *desiBell* (dB), klasifikasi anak tunarungu (Heri P., 1998) adalah seperti berikut :

- a. Sangat ringan (light) 25 dB - 40 dB
- b. Ringan (mild) 41 dB - 55 dB
- c. Sedang (moderate) 56 dB - 70 dB
- d. Berat (severe) 71 dB - 90 dB
- e. Sangat berat (profound) 91 dB – lebih

Tingkat kehilangan pendengaran dapat di bagi menjadi 5 tingkatan, yaitu sangat ringan, ringan, sedang, berat, sangat berat. Semakin tinggi kehilangan pendengaran, semakin lemah kemampuan mendengar suara atau bunyi bahkan hanya merasakan getaran dari suara saja. Selain itu juga, biasanya berdampak pada kemampuan komunikasi, terutama kemampuan bicara dengan artikulasi yang jelas sehingga pesan yang disampaikan dapat dipahami orang lain.

Klasifikasi anak tunarungu bermacam-macam dan dapat dilihat dari beberapa sudut pandang. Klasifikasi subjek dalam penelitian ini adalah satu anak tunarungu yang masih mempunyai sedikit sisa pendengaran tetapi belum dioptimalkan fungsinya dan dua anak tunarungu yang sudah tidak mempunyai sisa pendengaran atau tuli. Subjek belum dapat mengucapkan kata-kata dengan artikulasi yang tepat dan jelas, anak terbiasa berkomunikasi dengan isyarat dan oral tetapi tidak mengeluarkan suara yang jelas. Salah satu metode untuk meningkatkan kemampuan artikulasi anak tunarungu adalah metode drill. Metode drill disini anak dituntut mengucapkan kata-kata secara berulang-ulang, sehingga anak terbiasa bicara dengan ucapan yang tepat dan jelas yang disertai suara.

2.4.2 Karakteristik Anak Tunarungu

Karakteristik anak tunarungu sangat kompleks dan berbeda-beda satu sama lain. Secara kasat mata keadaan anak tunarungu sama seperti anak normal pada umumnya. Apabila dilihat beberapa karakteristik yang berbeda.

Karakteristik bahasa dan bicara anak tunarungu (Suparno 2001), menyatakan karakteristik anak tunarungu dalam segi bahasa dan bicara adalah sebagai berikut :

1. Miskin kosa kata
2. Mengalami kesulitan dalam mengerti ungkapan bahasa yang mengandung arti kiasan dan kata-kata abstrak.
3. Kurang menguasai irama dan gaya bahasa.
4. Sulit memahami kalimat-kalimat yang kompleks atau kalimat-kalimat yang panjang serta bentuk kiasan.

Anak tunarungu juga mempunyai beberapa karakteristik, terutama keterbatasan kosakata. Hal tersebut yang menyebabkan anak tunarungu kesulitan berkomunikasi dengan orang lain. Terlebih lagi permasalahan tentang kejelasan dalam berbicara. Anak tunarungu biasanya mengalami masalah dalam artikulasi, yaitu mengucapkan kata-kata yang tidak atau kurang jelas. Namun, hal itu dapat diatasi dengan metode drill, yaitu anak melakukan latihan mengucapkan kata-kata secara berulang-ulang sampai anak terampil atau terbiasa berbicara dengan artikulasi yang tepat dan jelas.

Karakteristik anak tunarungu wicara pada umumnya memiliki kelambatan dalam perkembangan bahasa wicara bila dibandingkan dengan perkembangan bicara anak-anak normal, bahkan anak tunarungu total (tuli) cenderung tidak dapat berbicara (Heri P., 1998).

Anak tunarungu mempunyai karakteristik yang spesifik bahwa anak tunarungu mempunyai hambatan dalam perkembangan bahasa (mendapatkan bahasa). Bahasa sebagai alat komunikasi dengan orang lain. Sedangkan, Anak tunarungu mempunyai permasalahan dalam wicaranya untuk berkomunikasi dengan orang lain, karena wicara sebagai alat yang sangat penting dalam komunikasi. Dalam berbicara pun harus menggunakan artikulasi yang jelas agar pesan mudah diterima oleh orang lain, maka dari itu anak harus dilatih secara berulang-ulang sehingga anak terampil mengucapkan kata-kata dengan artikulasi yang tepat dan jelas.

Mencermati beberapa definisi di atas dapat diketahui bahwa seorang tunarungu memiliki keterbatasan dalam memperoleh bahasa dan mengalami permasalahan dalam bicaranya. Kurang berfungsinya indera pendengaran menyebabkan anak tidak dapat menirukan ucapan kata-kata dengan tepat dan jelas. Oleh sebab itu, anak tunarungu untuk mendapatkan bahasa atau kosa kata harus melalui proses belajar mengenal kosakata dan belajar mengucapkan kata-kata dengan artikulasi yang jelas. Belajar mengucapkan kata-kata tersebut harus dilakukan secara berulang-ulang agar anak menjadi terampil dan terbiasa mengucapkan kata-kata dengan artikulasi yang tepat dan jelas.

2.5 Pembelajaran Matematika di Sekolah Dasar

Pembelajaran Matematika di Sekolah Dasar adalah proses menemukan dan membangun konsep melalui serangkaian kegiatan yang terencana sehingga siswa memperoleh kompetensi tentang bahan matematika yang dipelajari.

Menurut Badan Standar Nasional Pendidikan, mata pelajaran Matematika perlu diberikan kepada semua peserta didik mulai dari sekolah dasar. Hal ini dimaksudkan untuk membekali peserta didik dengan kemampuan berpikir logis, analitis, sistematis, kritis, dan kreatif, serta kemampuan bekerjasama. Kompetensi tersebut diperlukan agar peserta didik dapat memiliki kemampuan memperoleh, mengelola, dan memanfaatkan informasi untuk bertahan hidup pada keadaan yang selalu berubah, tidak pasti, dan kompetitif. Selain itu dimaksudkan pula untuk mengembangkan kemampuan menggunakan matematika dalam pemecahan masalah dan mengkomunikasikan ide atau gagasan dengan menggunakan simbol, tabel, diagram, dan media lain.

Tujuan pembelajaran matematika di SD dapat dilihat di dalam kurikulum tingkat satuan pendidikan 2006 SD. Mata pelajaran matematika bertujuan agar peserta didik memiliki kemampuan sebagai berikut, 1) memahami konsep matematika, menjelaskan keterkaitan antar konsep dan mengaplikasikan konsep atau algoritma, secara luwes, akurat, efisien, dan

tepat dalam pemecahan masalah, 2) menggunakan penalaran pada pola dan sifat, melakukan manipulasi matematika dalam membuat generalisasi, menyusun bukti, atau menjelaskan 3) gagasan dan pernyataan matematika, 4) memecahkan masalah yang meliputi kemampuan memahami masalah, merancang model matematika, menyelesaikan model dan menafsirkan solusi yang diperoleh, 5) mengkomunikasikan gagasan dengan simbol, tabel, diagram, atau media lain untuk memperjelas keadaan atau masalah, 6) memiliki sikap menghargai kegunaan matematika dalam kehidupan, yaitu memiliki rasa ingin tahu, perhatian dan minat dalam mempelajari matematika sifat-sifat ulet dan percaya diri dalam pemecahan masalah.

2.5.1. Standar Kompetensi Matematika Sekolah Dasar

Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) adalah sebuah kurikulum operasional pendidikan yang merupakan penyempurnaan dari Kurikulum Berbasis Kompetensi (KBK). Keduanya merupakan seperangkat rencana dan pengaturan tentang kompetensi dan hasil belajar, serta pemberdayaan sumber daya pendidikan. Kurikulum ini dikembangkan dengan tujuan agar peserta didik memperoleh kompetensi dan kecerdasan yang mumpuni dalam membangun identitas budaya dan bangsanya. Perbedaan kedua kurikulum tersebut hanya terletak pada teknisnya saja.

Pengembangan materi pada KTSP di sekolah dilandaskan pada Standar Isi dan Standar Kompetensi Lulusan. Standar Isi (SI) adalah ruang lingkup materi dan tingkat kompetensi yang dituangkan dalam persyaratan kompetensi tamatan, kompetensi bahan kajian kompetensi mata pelajaran, dan silabus pembelajaran yang harus dipenuhi peserta didik pada jenjang dan jenis pendidikan tertentu.

Standar Kompetensi Lulusan (SKL) meliputi kompetensi untuk seluruh mata pelajaran atau kelompok mata pelajaran. Salah satu standar kompetensi mata pelajaran matematika berdasarkan SI dan SKL adalah “Menggunakan operasi penjumlahan dalam pemecahan masalah.”. Terdiri dari Kompetensi Dasar: 1)Menjelaskan operasi penjumlahan, 2)Menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan pecahan. Kompetensi

dasar yang dikaji pada penelitian ini adalah menjumlahkan, mengurangi, mengkalikan dan membagikan.

2.5.2 Praktek Pembelajaran Matematika SDLB

Sekolah dasar luar biasa adalah sekolah yang mengadakan pembelajaran untuk anak berkebutuhan khusus. Sekolah ini biasanya memiliki beberapa peserta didik yang memiliki kekurangan seperti tunanetra, tunarungu, tunagrahita, tunadaksa, dan tunalaras. Dalam praktek pembelajaran sekolah dasar luar biasanya menggunakan perangkat pembelajaran yang telah disesuaikan dan dikembangkan berdasarkan kebutuhan peserta didik. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan mengacu pada silabus yang digunakan. silabus pembelajaran dapat diamati pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Silabus matematika SDLB kelas V

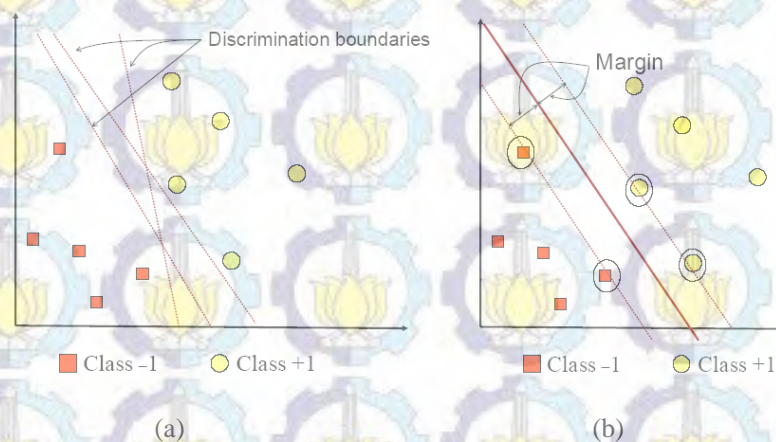
No	Standar Kompetensi	Kompetensi Dasar	Materi Pokok	Indikator
1	Melakukan Operasi hitung bilangan sampai tiga angka	1.1 Melakukan operasi hitung campuran	1. melakukan operasi hitung campuran 2. Memcahkan soal cerita dalam sebuah permainan yang mengandung penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian	Melakukan operasi hitung campuran yang mengandung penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian. Menyelesaikan soal cerita dalam sebuah permainan yang mengandung penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian.

Teknik pembelajaran yang dilakukan pada sekolah dasar luar biasa berbeda dengan pembelajaran yang dilakukan pada sekolah dasar pada umumnya, untuk anak tunarungu teknik yang digunakan untuk pengelolaan kelas guru melakukan pengaturan posisi duduk peserta didik setengah lingkaran dan guru sebagai titik pusat sesuai karakteristik gangguan pendengaran peserta didik atau karakteristik mata pelajaran dan aktivitas pembelajaran yang akan dilakukan, guru mengatur volume dan intonasi suara yang dapat didengar (dengan sisa pendengaran) dan

ekspresi wajah/gerak bibir/isyarat dapat diamati oleh peserta didik, guru menyesuaikan materi pelajaran dengan kecepatan, kemampuan belajar, kemampuan berbahasa, dan komunikasi peserta didik.

2.6 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) dikembangkan dan pertama kali dipresentasikan pada tahun 1992 (Boser, Guyon, dan Vapnik, 1992). Konsep dasar SVM sebenarnya merupakan kombinasi harmonis dari teori-teori komputasi yang telah ada puluhan tahun sebelumnya, seperti *margin hyperplane* (Duda & Hart tahun 1973, Cover tahun 1965, Vapnik 1964, dan sebagainya), *kernel* diperkenalkan oleh Aronszajn tahun 1950, demikian juga dengan konsep-konsep pendukung yang lain. Akan tetapi hingga tahun 1992, belum pernah ada upaya merangkaikan komponen-komponen tersebut.



Gambar 2.7 SVM berusaha menemukan hyperplane terbaik yang memisahkan kedua kelas (-1 dan +1)(Nugroho, dkk., 2003)

Berbeda dengan strategi *neural network* yang berusaha mencari *hyperplane* pemisah antar kelas, SVM berusaha menemukan *hyperplane* yang terbaik pada *input space*. Prinsip dasar SVM adalah *linear classifier*, dan selanjutnya dikembangkan agar dapat bekerja pada problem *non-linear* dengan memasukkan konsep *kernel trick* pada ruang kerja berdimensi tinggi. Perkembangan ini memberikan rangsangan minat penelitian di bidang *pattern recognition* untuk investigasi potensi kemampuanw SVM secara teoritis maupun dari segi aplikasi.

Saat ini SVM telah berhasil diaplikasikan dalam masalah dunia nyata (*real-world problems*), dan secara umum memberikan solusi yang lebih baik dibandingkan metode konvensional seperti misalnya *artificial neural network* (Nugroho, dkk., 2003).

2.6.1 Pattern Recognition Menggunakan SVM

Konsep SVM dapat dijelaskan secara sederhana sebagai usaha mencari *hyperplane* terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah kelas pada *input space*. *Hyperplane* dalam ruang vektor berdimensi d adalah *affine subspace* berdimensi $d-1$ yang membagi ruang vektor tersebut ke dalam dua bagian, yang masing-masing berkorespondensi pada kelas yang berbeda. Gambar 2.7 memperlihatkan beberapa *pattern* yang merupakan anggota dari dua buah kelas : $+1$ dan -1 . *Pattern* yang tergabung pada kelas -1 disimbolkan dengan warna merah (kotak), sedangkan *pattern* pada kelas $+1$, disimbolkan dengan warna kuning (lingkaran). Masalah klasifikasi dapat diterjemahkan dengan usaha menemukan garis (*hyperplane*) yang memisahkan antara kedua kelompok tersebut. Berbagai alternatif garis pemisah (*discrimination boundaries*) ditunjukkan pada Gambar 2.7 (a).

Hyperplane pemisah terbaik antara kedua kelas dapat ditemukan dengan mengukur *margin hyperplane* tersebut. dan mencari titik maksimalnya. *Margin* adalah jarak antara *hyperplane* tersebut dengan *pattern* terdekat dari masing-masing kelas. *Pattern* yang paling dekat ini disebut sebagai *support vector*. Garis solid pada Gambar 2.7 (b) menunjukkan *hyperplane* yang terbaik, yaitu yang terletak tepat pada tengah-tengah kedua kelas, sedangkan titik merah dan kuning yang berada dalam lingkaran hitam adalah *support vector*. Usaha untuk mencari lokasi *hyperplane* ini merupakan inti dari proses pembelajaran pada SVM

Data yang tersedia dinotasikan sebagai $\vec{x}_i \in \hat{A}^d$, sedangkan label masing-masing dinotasikan $y_i = \{+1, -1\}$ untuk $i=1,2,3 \dots l$. Dengan l adalah banyaknya data. Diasumsikan kedua kelas -1 dan $+1$ dapat terpisah secara sempurna oleh *hyperplane* berdimensi d , yang didefinisikan :

$$\vec{w} \times \vec{x} + b = 0 \quad (2.1)$$

Pattern \vec{w} yang termasuk kelas -1 (sampel negatif) dapat dirumuskan sebagai *pattern* yang memenuhi pertidaksamaan :

$$\vec{w} \times \vec{x} + b \leq -1 \quad (2.2)$$

Sedangkan pattern \vec{w} yang termasuk kelas $+1$ (sampel positif)

$$\vec{w} \times \vec{x} + b \geq +1 \quad (2.3)$$

Margin terbesar dapat ditemukan dengan memaksimalkan nilai jarak antara *hyperplane* dan titik terdekatnya, yaitu $\frac{1}{\|\vec{w}\|}$. Hal ini dapat dirumuskan

sebagai *Quadratic Programming* (QP) *problem*, yaitu mencari titik minimal, dengan memperhatikan *constraint* persamaan (2.4).

$$\min_{\vec{w}} t(\vec{w}) = \frac{1}{2} \|\vec{w}\|^2, \quad (2.4)$$

dengan

$$y_i (\vec{x}_i \times \vec{w} + b) - 1 \leq 0, \quad "i \quad (2.5)$$

Masalah ini dapat dipecahkan dengan berbagai teknik komputasi, di antaranya *Lagrange Multiplier*.

$$L(\vec{w}, b, \alpha) = \frac{1}{2} \|\vec{w}\|^2 - \sum_{i=1}^l \alpha_i (y_i (\vec{x}_i \times \vec{w} + b) - 1) \quad (2.6)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, l$.

α_i adalah *Lagrange multipliers*, yang bernilai nol atau positif ($\alpha_i \geq 0$). Nilai optimal dari persamaan (2.6) dapat dihitung dengan meminimalkan L terhadap \vec{w} dan b , dan memaksimalkan L terhadap α_i . Dengan memperhatikan sifat bahwa pada titik optimal gradien $L = 0$, Persamaan (2.5) dapat dimodifikasi sebagai maksimalisasi problem yang hanya mengandung saja α_i , sebagaimana Persamaan (2.6).

$$\sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l \alpha_i \alpha_j y_i y_j \vec{x}_i \cdot \vec{x}_j \quad (2.7)$$

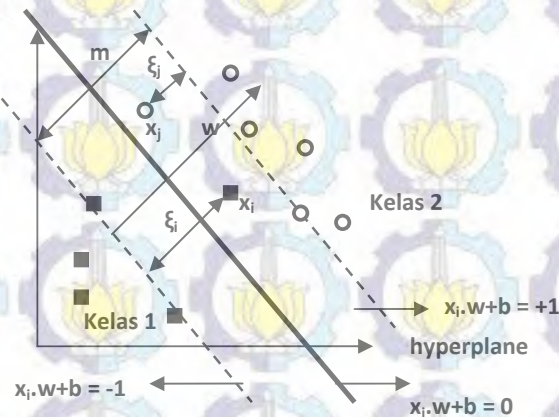
dengan

$$\alpha_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, l) \quad \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0 \quad (2.8)$$

Dari hasil dari perhitungan ini diperoleh α_i yang kebanyakan bernilai positif. Data yang berkorelasi dengan α_i yang positif inilah yang disebut sebagai *support vector* (Nugroho, dkk, 2003).

2.6.2 SVM untuk Data Nonlinier

Untuk mengklasifikasikan data yang tidak dapat dipisahkan secara linier, formula SVM harus dimodifikasi. Oleh karena itu, kedua bidang pembatas pada Persamaan (13) harus diubah sehingga lebih fleksibel (untuk kondisi tertentu) dengan penambahan variabel ξ_i ($\xi_i \geq 0, \forall i$; $\xi_i = 0$ jika x_i diklasifikasikan dengan benar) menjadi $x_i \cdot w + b \geq 1 - \xi_i$ untuk kelas 1 dan $x_i \cdot w + b \leq -1 + \xi_i$ untuk kelas 2. Pencarian bidang pemisah terbaik dengan dengan penambahan variabel ξ_i sering juga disebut *soft margin hyperplane* (Burges, 1998). Gambar 2.8 menunjukkan gambar *soft margin hyperplane*, dengan penambahan variabel ξ_i .



Gambar 2.8 *Soft margin hyperplane*. (Burges, 1998)

2.6.3 SVM untuk Multiclass

SVM pertama kali dikembangkan oleh Vapnik untuk klasifikasi biner, namun selanjutnya dikembangkan untuk klasifikasi *multiclass* (banyak kelas). Pada dasarnya terdapat dua pendekatan untuk menyelesaikan permasalahan SVM untuk *multiclass*. Pendekatan pertama adalah dengan menggabungkan semua data dalam suatu permasalahan optimasi, pendekatan kedua adalah dengan membangun *multiclass classifier*, yaitu dengan cara menggabungkan beberapa SVM biner. Pendekatan pertama menuntut penyelesaian masalah

optimasi yang lebih rumit dan komputasi yang tinggi, sehingga pendekatan ini tidak banyak dikembangkan. Berikut adalah beberapa metode untuk mengimplementasi SVM untuk *multiclass* dengan menggunakan pendekatan kedua.

2.6.3.1 Metode *One Against All*

Metode ini akan membangun sejumlah k SVM biner, untuk k adalah banyaknya kelas (Hsu, *et.al.*, 2002). SVM ke- i dilatih dengan seluruh *sample* pada kelas ke- i dengan label kelas positif dan seluruh *sample* lainnya dengan label kelas negatif. Jika diberikan l data pelatihan $(x_1, y_1), \dots, (x_l, y_l)$, dengan $x_i \in \mathbb{R}^n, i = 1, \dots, l$ dan $y_i \in \{1, \dots, k\}$ adalah kelas dari x_i , maka SVM ke- i akan menyelesaikan permasalahan (2.9) :

$$\begin{aligned} (w^i)^T F(x_j) + b^i &\geq 1 - x_j^i, \text{ jika } y_j = i, \\ (w^i)^T F(x_j) + b^i &\leq -1 + x_j^i, \text{ jika } y_j \neq i, \\ x_j^i &\geq 0, j = 1, \dots, l. \end{aligned} \quad (2.9)$$

dengan data pelatihan x_i dipetakan ke ruang dimensi yang lebih tinggi menggunakan fungsi Φ dan C sebagai parameter penalti.

Meminimisasi $\frac{1}{2}(w^i)^T w^i$ berarti memaksimalkan $\frac{2}{|w|^2}$ atau margin antara dua kelompok data. Ketika data tidak terpisah secara linier, maka terdapat penalti sebesar $C \sum_j^l$ yang dapat mengurangi jumlah *error* pelatihan. Ide dari SVM adalah menyeimbangkan regulasi $\frac{1}{2}(w^i)^T w^i$ dan *error* pelatihan.

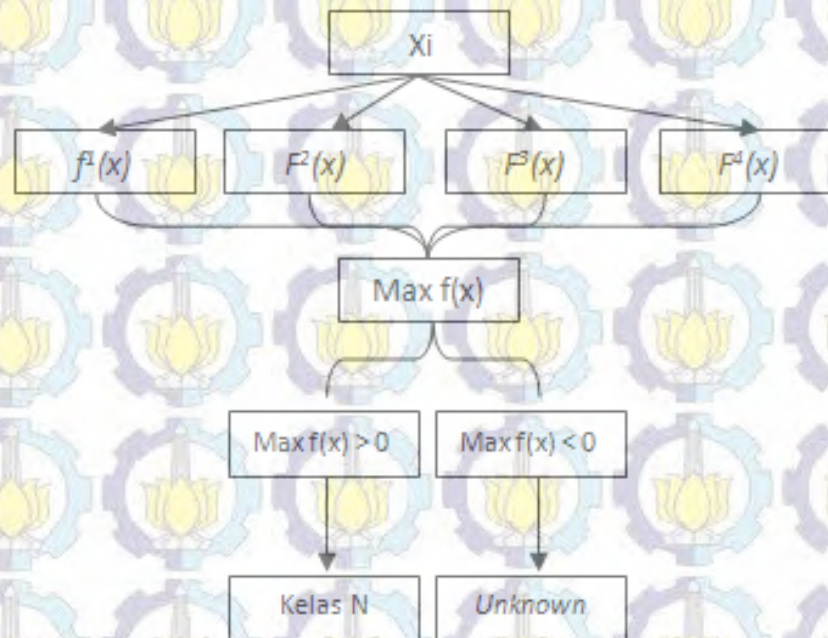
Setelah menyelesaikan permasalahan pada minimisasi, maka terdapat sejumlah k fungsi keputusan.

$$f^1(x) = (w^1)x + b^1, \dots, f^k(x) = (w^k)x + b^k \quad (2.10)$$

Kelas data x akan ditentukan berdasarkan nilai fungsi keputusan yang tertinggi. Untuk pencarian solusi minimisasi pada persamaan (2.10) menggunakan *quadratic programming*.

Tabel 2.3 Contoh metode *one against all*

$y_i = 1$	$y_i = -1$	Hipotesis
Kelas 1	Bukan kelas 1	$f^1(x) = (w^1)x + b^1$
Kelas 2	Bukan kelas 2	$f^2(x) = (w^2)x + b^2$
Kelas 3	Bukan kelas 3	$f^3(x) = (w^3)x + b^3$
Kelas 4	Bukan kelas 4	$f^4(x) = (w^4)x + b^4$



Gambar 2.9 Metode klasifikasi SVM *one against all* untuk empat kelas

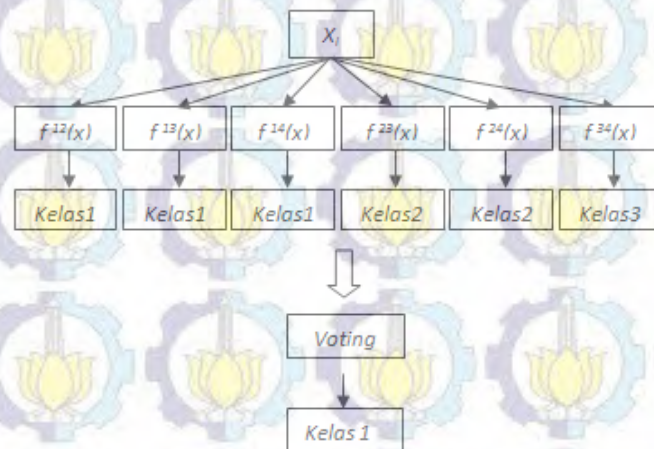
Contoh metode klasifikasi *one against all* untuk empat kelas, digambarkan pada Gambar 2.9 dan Tabel 2.2. Pada gambar terlihat terdapat empat fungsi keputusan metode *one against all*, dari keempat fungsi keputusan metode *one against all* kemudian diambil fungsi keputusan yang maksimal.

2.6.3.2 Metode *One Against One*

Metode ini dibangun dengan sejumlah model klasifikasi biner yang mengikuti $\frac{k(k-1)}{2}$ (k adalah jumlah kelas). Setiap model klasifikasi dilatih pada data dari dua kelas. Terdapat beberapa metode untuk melakukan pengujian setelah keseluruhan $k(k-1)/2$ model klasifikasi selesai dibangun. Salah satunya adalah metode *voting* (Hsu, *et.al.*, 2002). Metode *one against one* menggunakan SVM biner, ditunjukkan pada Tabel 2. 3 dan Gambar 2.10.

Tabel 2.4 Contoh metode *one against one*

$y_1 = 1$	$y_1 = -1$	Hipotesis
Kelas 1	Kelas 2	$f^{12}(x) = (w^{12})x + b^{12}$
Kelas 1	Kelas 3	$f^{13}(x) = (w^{13})x + b^{13}$
Kelas 1	Kelas 4	$f^{14}(x) = (w^{14})x + b^{14}$
Kelas 2	Kelas 3	$f^{23}(x) = (w^{23})x + b^{23}$
Kelas 2	Kelas 4	$f^{24}(x) = (w^{24})x + b^{24}$
Kelas 3	Kelas 4	$f^{34}(x) = (w^{34})x + b^{34}$



Gambar 2.10 Metode klasifikasi SVM *ones against ones* untuk empat kelas

Pada Gambar 2.10 jika data X dimasukkan ke dalam fungsi hasil pelatihan pada Persamaan(2.11) :

$$f(x) = (w^{ij})^T \phi(x) + b \quad (2.11)$$

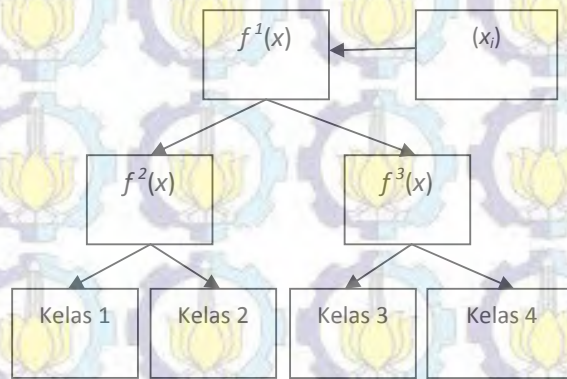
dan hasilnya menyatakan x adalah kelas i , maka suara untuk kelas i ditambah satu. Kelas dari data x akan ditentukan dari jumlah suara terbanyak. Jika terdapat dua buah kelas yang jumlah suaranya sama, maka kelas yang indeksnya lebih kecil dinyatakan sebagai kelas dari data. Jadi pada pendekatan ini terdapat $k(k-1)/2$ buah permasalahan *quadratic programming* yang masing-masing memiliki $2n / k$ variabel (n adalah jumlah data pelatihan).

2.6.3.3 Metode *Half Against Half*

Metode ini dibangun melalui rekursif membagi data pelatihan setkelas k menjadi dua himpunan bagian dari kelas, struktur adalah samaseperti pohonke putusan yang pada masing-masing simpul memiliki klasifikasi biner yang menentukan kelas sampel pengujian. Pembagian jumlah kelas menjadi dua kelas yang berbeda sejumlah model klasifikasi biner mengikuti $k-1$, k adalah jumlah kelas dan setiap model klasifikasi dilatih pada data dari dua kelas, sehingga terdapat $k-1$ model klasifikasi yang dibangun untuk melakukan pengujian, ditunjukkan pada Tabel 2.4 dan Gambar 2.11 (M. Mohamadi dkk, 2009).

Tabel 2.4 Contoh metode *Half against Half*

$y_I = 1$	$y_I = -1$	Hipotesis
Kelas 12	Kelas 34	$f^1(x) = (w^1)x + b^1$
Kelas 1	Kelas 2	$f^2(x) = (w^2)x + b^2$
Kelas 3	Kelas 4	$f^3(x) = (w^3)x + b^3$



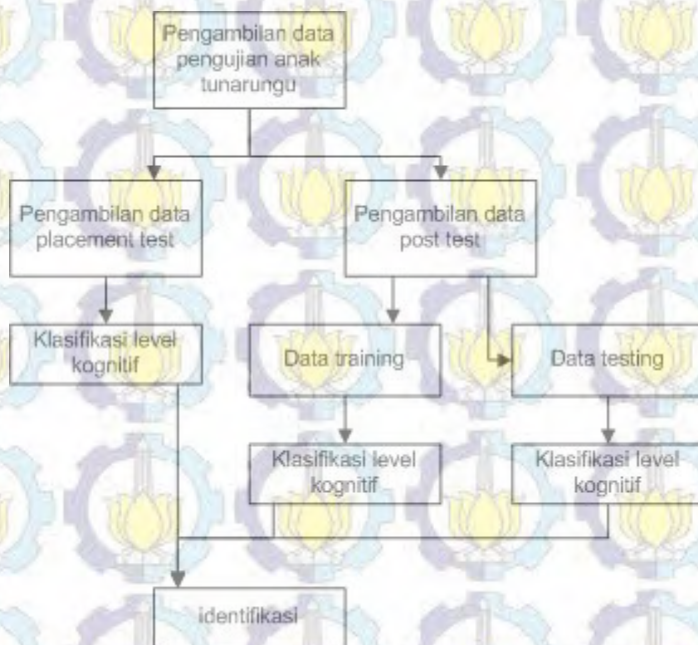
Gambar 2.11 Metode klasifikasi SVM *half against half* untuk empat kelas

[Halaman Ini Sengaja dikosongkan]

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Langkah Penelitian

Untuk menyelesaikan penelitian ini, dapat dilihat alur penelitian seperti pada Gambar 3.1. penelitian ini diawali dengan mempelajari dan memahami beberapa teori yang berhubungan dengan kebutuhan pada Anak tunarungu, data atau informasi yang diperoleh dari pihak-pihak terkait dalam hal ini guru, wali murid atau orang tua, masyarakat maupun buku-buku termasuk melakukan studi pustaka, studi yang dilakukan mencakup pada elemen penting pada sebuah pelajaran. Hal ini dilakukan dengan melakukan validasi soal pada ahli untuk membuat soal yang sesuai untuk *user* sesuai dengan standar kurikulum yang berlaku.



Gambar 3.1 Langkah Penelitian Klasifikasi Siswa Tunarungu

Langkah setelah studi pustaka ialah pengambilan data *placement tes* yang berupa *placement test* berupa tes tulis, tes tulis yang dilakukan telah disesuaikan dengan standar silabus yang berlaku untuk anak tunarungu, dari hasil *placement test* akan dilakukan analisa dan pengambilan keputusan sesuai dengan data yang dimiliki oleh guru. Untuk *post test* yang berupa data permainan menggunakan *game* pada sifteo. Data tes tulis dijadikan sebagai data target, sedangkan data permainan didapatkan dengan meminta siswa untuk bermain dan menjawab soal pada *serious game* yang digunakan sebagai alat untuk mendapatkan data. Langkah yang dilakukan setelah pengambilan data tes tulis dan

permainan adalah melakukan klasifikasi data yang akan dilakukan dengan menggunakan SVM.

3.2 Rancangan tes

3.2.1. *placement test*

Soal uji yang dilakukan pada *placement test* adalah tentang aritmatika sederhana. Yang didesai sama dengan soal yang akan ditemui dalam *serious game* yang digunakan untuk *post tes*. Soal dalam *game* ini dikelompokkan dalam tiga kategori soal sesuai dengan tingkat kognitif, yakni kategori soal kognitif 1(C1), kognitif 2(C2), dan kognitif 3(C3).

Soal kategori C1 merupakan jenis soal pada kategori kognitif dalam Taksonomi Bloom, yakni *Knowledge* (pengetahuan). Soal kategori C2 merupakan jenis soal pada kategori *Comprehension* atau pemahaman. Soal dengan kategori C3 merupakan jenis soal pada kategori *Application* atau penerapan.

Soal kategori pengetahuan merupakan jenis soal yang menguji pengetahuan siswa pada definisi dan pengetahuan tentang cara penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian. Soal pada kategori pemahaman merupakan jenis soal yang menguji pemahaman siswa akan cara aplikasi beberapa deretan angka yang akan dijumlahkan oleh siswa. Jenis soal pada kategori penerapan merupakan jenis soal yang dibentuk untuk menguji kemampuan siswa dalam menerapkan untuk menghitung besaran angka yang muncul dan menyusun strategi *game* pada *cube* sifteo.

Untuk ukuran anak berkebutuhan khusus, standar pelajaran yang digunakan sama dengan anak sekolah dasar normal pada umumnya yaitu mengacu pada silabus yang sesuai dengan standar kurikulum tingkat satuan pendidikan (KTSP). Hanya saja dalam implementasinya terdapat batasan-batasan khusus. Batasan tersebut dapat diamati dalam kisi-kisi soal yang terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kisi-Kisi Soal *Placement Test* Penelitian

Siswa Tunarungu Tingkat Sekolah Dasar	
Deret angka yang digunakan	0-100 (tidak lebih dari seratus)

Operasi yang digunakan

Penjumlahan (+), pengurangan (-), Perkalian (X), dan Pembagian (:). Menggunakan tidak lebih dari dua variabel.

Jenis bilangan

Tidak menggunakan bilangan *decimal*.
Tidak menggunakan bilangan *negative*.

Dari kisi-kisi yang terdapat pada Tabel 3.1 soal *placementtest* pada siswa tunarungu dibuat. Sehingga soal yang diberikan, sesuai dengan kaidah pengajaran yang berlaku pada siswa tunarungu.

Tabel 3.2 merupakan contoh soal dalam *placement test* yang serupa dengan soal yang ada dalam *serious game* yang digunakan dalam penelitian ini. Soal yang dibuat dirancang sama dengan soal yang akan digunakan saat melakukan *post test* menggunakan sifteo. beberapa tingkat kesulitan dibuat dari tingkat soal paling mudah yaitu menggunakan deret oprasi penjumlahan dan pengurangan, kemudian untuk tingkat berikutnya tingkat kesulitan sedang, yang menggunakan orasi penjumlaha, pengurangan dan perkalian, dan yang terakhir adalah tingkat kesulitan paling tinggi, disini oprasi penjumlahan yang digunakan adalah penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian. Secara visual dapat diamati pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 soal *placement test* untuk pemetaan kognitif siswa

Kerjakan soal dibawah ini:

1. Susunlah ketiga bilangan dibawah ini menjadi sebuah operasi matematika!

Gunakan operasi penjumlahan (+) dan pengurangan (-) untuk menvelesaikan soal berikut ini:

4	8	3	=	7
7	2	10	=	15
2	12	17	=	27
8	3	5	=	10
15	17	7	=	25

Kerjakan soal dibawah ini:

1. Susunlah ketiga bilangan dibawah ini menjadi sebuah operasi matematika!

Gunakan operasi penjumlahan (+), perkalian (x) dan pengurangan (-) untuk menvelesaikan soal berikut ini:

7	4	5	=	23
10	7	10	=	30
5	1	4	=	19
17	7	2	=	27
5	4	5	=	6

Kerjakan soal dibawah ini:

1. Susunlah ketiga bilangan dibawah ini menjadi sebuah operasi matematika!

Gunakan operasi penjumlahan (+), perkalian (x), pembagian (:), dan pengurangan (-) untuk menvelesaikan soal berikut ini:

9	18	3	=	3
2	5	18	=	4
20	2	9	=	19
4	5	3	=	27
18	2	4	=	11

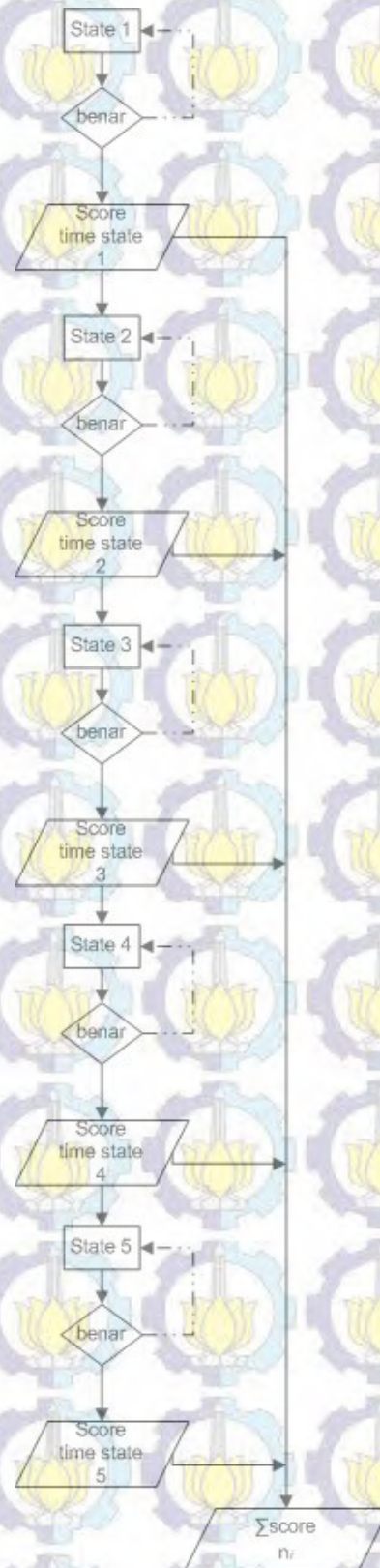
C: Knowledge, Comprehension, Application

3.2.2. Post Test Pada sifteo

Skenario permainan dalam *serious game* ini adalah tentang bagaimana menyusun tiga buah deretan *cube* sifteo yang didalamnya terdapat sejumlah angka dengan target waktu dan meminimalkan bantuan yang dapat digunakan saat permainan dijalankan. *Serious game* ini sebagaimana *game* pada umumnya adalah *game* yang juga memiliki tantangan permainan. Tantangan permainan ini ialah siswa dituntut menjalankan *game* dengan cepat, dan meminimalkan penggunaan bantuan untuk mendapatkan *top skor*. Dalam *game* ini apabila siswa melakukan kesalahan pada saat menyusun *cube*, kesalahan siswa tidak tercatat pada *data base* sifteo, namun banyaknya tingkat kesalahan yang dilakukan siswa dalam menjawab soal pada *game*, akan mempengaruhi waktu penyelesaian yang diperoleh.

Pada saat awal permainan, siswa diberi latihan bagaimana cara menggunakan *cube* dan menyelesaikan *game* yang ada. Gambar 3.2 menunjukkan skenario *serious game* yang digunakan dalam penelitian ini.

Alur *serious game* yang dimulai dengan insruksi aturan dan cara permainan *game cube* code, pada tampilan layar sifteo akan muncul beberapa rute warna yang berbeda untuk menjelaskan letak-letak *cube* yang seharusnya, cara permainan dijelaskan dengan memunculkan demo permainan yang sederhana, setelah petunjuk permainan selesai kemudian diikuti dengan kemunculan soal. Panah dengan kepala menyimbolkan menuju keputusan mengenai kebenaran jawaban. Panah tanpa kepala dengan garis putus-putus menyimbolkan jawaban salah, hasil dari permainan akan direkam oleh sifteo, Rekaman waktu dan penggunaan bantuan pada saat menyelesaikan tiap *state* menentukan jenis soal yang keluar pada soal berikutnya. Secara visual dapat diamati pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Alur Skenario *Serious game* yang digunakan dalam penelitian klasifikasi siswa tunarungu

3.3. Klasifikasi Data

Dalam penelitian ini data skor waktu dan bantuan yang digunakan akan menjadi data input Tabel 3.3. Data rekaman waktu dicatat dalam besaran detik sedang bantuan tercatat berdasarkan komulasi banyaknya bantuan yang digunakan dalam setiap *state*. Dua data input selanjutnya diolah untuk mencari *mean* dan *standart* deviasinya.

Tabel 3.3Rekaman waktu yang digunakan siswa dalam tiap *state*

NO	USER	Waktu					Bantuan				
		State 1	State 2	State 3	State 4	State 5	State 1	State 2	State 3	State 4	State 5
1	IV.1										
2	IV.2										
3	IV.3										
4	IV.4										
5	IV.5										
6	IV.6										

Dari catatan waktu yang diperoleh kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai *standard deviation* dengan menggunakan Persamaan (3.1) dan *mean* dengan menggunakan Persamaan (3.2).

$$\text{Mean} = \mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.1)$$

$$\text{standard deviation} = s = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.2)$$

Data yang diperoleh dari rekaman permainan anak tunarungu, kemudian dilakukan proses *preprocessing*. Dalam istilah Santosa (2007), *preprocessing* atau transformasi dilakukan untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih akurat. Hal yang serupa juga dilakukan dengan data dalam penelitian ini. Adapun langkah *preprocessing*. Data permainan siswa dalam *game* diolah sehingga dapat dimasukkan dalam kriteria pembelajaran SVM. Data yang diperoleh adalah data rekaman waktu dari *state* pertama sampai *state* ke lima yang kemudian di jumlahkan.

Kemudian dari total waktu yang diperoleh, dibuat aturan sebagai mana dapat diamati pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Skor untuk menentukan ukuran waktu pemain

Atribut	Aturan	Nilai
<i>fast</i>	$T < \text{mean} - 1.5 * \text{SD}$	3

<i>medium</i>	$T < \text{mean} + 1.5 * SD$	2
<i>long</i>	$T \geq \text{mean} - 1.5 * SD$	1

Setelah aturan penentuan nilai waktu permainan, selanjutnya adalah pengelompokan aturan untuk kategori bantuan. Aturan seorang anak memperoleh dikategorikan tidak pernah meminta bantuan saat menggunakan sifteo adalah saat anak menggoyangkan sifteo paling banyak 3 kali, keputusan ini didukung oleh pengamatan pengujian yang sudah dilakukan untuk mencegah kesalahan penggunaan saat permainan berlangsung. Untuk keputusan *seldom* diberikan untuk anak tunarungu saat menggoyangkan sifteo dibawah atau samadengan 9 kali. Keputusan *often* diberikan untuk penggunaan bantuan antara 10 dan 12 kali, sedan keputusan *always* diberikan untuk anak yang meminta bantuan lebih dari 12 kali. Keputusan yang dibuat dapat diamati pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 aturan untuk menentukan atribut bantuan pemain

No	Atribut	Aturan	Nilai
1	<i>Never</i>	Help : (3)	4
2	<i>Seldom</i>	Help : (≤ 9)	3
3	<i>Often</i>	Help : ($10 \leq X \leq 12$)	2
4	<i>Always</i>	Help : (> 12)	1

Setelah data yang diperoleh diproses dengan berbagai ketentuan dilakukan proses klasifikasi siswa tunarungu dengan *support vector machine* (SVM). Klasifikasi dengan SVM dibagi menjadi dua proses, yaitu proses pelatihan dan pengujian. Pada proses pelatihan SVM menggunakan matrik fitur yang dihasilkan pada proses pelatihan sebagai input. Sedangkan pada pengujian SVM memanfaatkan matrik fitur yang dihasilkan pada proses pengujian sebagai input. Klasifikasi menggunakan SVM.

Dasar dari pengambilan keputusan menggunakan *multiclass SVM* adalah *SVM binner*. Berdasarkan proses klasifikasi menggunakan SVM, klasifikasi dibagi menjadi dua yaitu pelatihan dan pengujian. Berikut ini adalah algoritma pelatihan untuk masing-masing *SVM biner* : *input* berupa matrik X_{train} (matrik hasil nilai pelatihan) dan vektor Y_{train} sebagai pasangan *input-target* dan *output*-nya adalah w, x, b (variabel - variabel persamaan *hyperplane*). Dalam tahapan ini dilakukan beberapa kegiatan seperti menentukan *input* ($Z = X_{train}$) dan Target (Y_{train}) sebagai pasangan pelatihan dari dua kelas, menentukan matrik Hessian $H = K(Z, Z_i) * Y * Y^T$, menetapkan vektor e sebagai vektor satuan yang memiliki dimensi sama dengan dimensi Y .

Input matrik Z merupakan matrik fitur yang didapatkan dari rekaman nilai *placement test* dan vektor Y_{train} sebagai target. Vektor Y_{train} merupakan vektor kolom untuk klasifikasi kelas pertama pada tingkat kognitif dari kelas pertama akan disimbolkan dengan angka 1, semua tingkat kognitif lainnya dengan angka -1. Pada penelitian ini, digunakan fungsi *kernel* Gaussian dengan nilai varian (σ) = 1.

Langkah selanjutnya adalah menghitung matrik Hessian, yaitu perkalian antara *kernel* Gaussian dengan Y_{train} . Y_{train} disini adalah berupa *vector* yang berisi nilai 1 dan -1. Matrik Hessian digunakan sebagai variabel *input* dalam *quadratic programming*. Dalam penelitian ini menggunakan fungsi *quadratic programming* dari tool SVM-KM (Yvon, 2001).

Metode ini dibangun dengan sejumlah model klasifikasi biner yang mengikuti persamaan $\frac{k(k-1)}{2}$ (k adalah jumlah kelas). Setiap model klasifikasi dilatih pada data dari dua kelas.

Terdapat beberapa metode untuk melakukan pengujian setelah keseluruhan $k(k-1)/2$ model klasifikasi selesai dibangun. Salah satunya adalah metode *voting* (Hsu, et.al., 2002). Metode *one against one* menggunakan SVM biner, ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Jika data X dimasukkan ke dalam fungsi hasil pelatihan pada persamaan $f(x) = (w^i)^T \phi(x) + b$ dan hasilnya menyatakan x adalah kelas i , maka suara untuk kelas i ditambah satu. Kelas dari data x akan ditentukan dari jumlah suara terbanyak. Jika terdapat dua buah kelas yang jumlah suaranya sama, maka kelas yang indeksinya lebih kecil dinyatakan sebagai kelas dari data. Jadi pada pendekatan ini terdapat $k(k-1)/2$ buah permasalahan *quadratic programming* yang masing-masing memiliki $2n/k$ variabel (n adalah jumlah data pelatihan).

Tabel 3.6 Rancangan metode *one against one*

$y_I = 1$	$y_I = -1$	Hipotesis
Kelas 1 (<i>smart</i>)	Kelas 2 (<i>capable</i>)	$f^{12}(x) = (w^{12})x + b^{12}$
Kelas 1 (<i>smart</i>)	Kelas 3 (<i>average</i>)	$f^{13}(x) = (w^{13})x + b^{13}$
Kelas 1 (<i>smart</i>)	Kelas 4 (<i>low</i>)	$f^{14}(x) = (w^{14})x + b^{14}$
Kelas 1 (<i>smart</i>)	Kelas 5 (<i>incapable</i>)	$f^{15}(x) = (w^{15})x + b^{15}$
Kelas 2 (<i>capable</i>)	Kelas 3 (<i>average</i>)	$f^{23}(x) = (w^{23})x + b^{23}$

Kelas 2 (<i>capable</i>)	Kelas 4 (<i>low</i>)	$f^{24}(x)=(w^{24})x+b^{24}$
Kelas 2 (<i>capable</i>)	Kelas 5 (<i>incapable</i>)	$f^{25}(x)=(w^{25})x+b^{25}$
Kelas 3(<i>average</i>)	Kelas 4 (<i>low</i>)	$f^{34}(x)=(w^{34})x+b^{34}$
Kelas 3(<i>average</i>)	Kelas 5 (<i>incapable</i>)	$f^{35}(x)=(w^{35})x+b^{35}$

3.4 Receiver Operating Characteristics (ROC)

Hasil klasifikasi akan dilakukan perbandingan sehingga diperoleh empat nilai, masing-masing adalah *True Positive* (TP), *False Negatif* (FN), *False Positive* (FP), dan *True Negatif* (TN). Proses perbandingan antara nilai referensi (*ground true*) dengan nilai hasil permainan dilakukan. Menentukan criteria dari hasil placement test yang sudah digunakan sebagai data referensi. Kedua, melakukan perhitungan untuk mencari nilai rata-rata dan standart deviasi untuk menentukan parameter kelas dari hasil permainan (post test). Ketiga, data referensi dan data permainan game digabung untuk kemudian dilihat area mana yang benar dideteksi sesuai dengan referensi data *ground true* dan area mana yang tidak. Selisih dari perbedaan kedua data ini kemudian yang akan menjadi acuan nilai untuk tahap perhitungan akurasi hasil metode ini.

Teknik *Receiver Operating Characteristic* (ROC) diaplikasikan untuk menghitung nilai kemampuan (*performance*) dari penggunaan metode ini terhadap klasifikasi kognitif siswa tunarungu. Identifikasi dilakukan untuk mengetahui tiap individu yang memiliki tingkat kognitif dari criteria yang sudah ditentukan. Hasil perbandingan ini kemudian digunakan untuk menghasilkan empat nilai karakteristik yaitu *true positif* (TP), *true negatif* (TN), *false positif* (FP), dan *false negatif* (FN).

Karakteristik ini mewakili empat bagian karakter dari sebuah performa sistem, seperti tampak pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7. *Confusion Matrix*

	P	N
Y	True Positif	False Negatif
N	False Negatif	True Positif

Berdasarkan keempat nilai tersebut diperoleh nilai *True Positive Rate* (TPR) yang dikenal dengan istilah *Sensitivity* atau *recall* yaitu nilai yang teridentifikasi secara benar. TPR dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.3).

$$TPR = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3.3)$$

False Positive Rate (FPR) adalah nilai yang menunjukkan tingkat kesalahan dalam melakukan identifikasi. FPR dapat dihitung menggunakan Persamaan (3.4).

$$FPR = \frac{FP}{FP+TN} \quad (3.4)$$

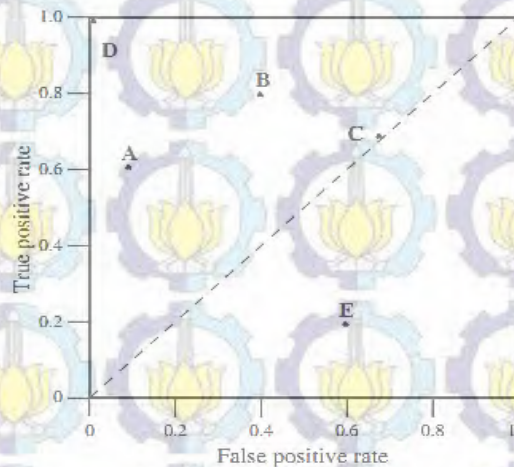
Nilai yang menunjukkan keakuratan dari identifikasi (*Accuracy*) dapat dihitung menggunakan Persamaan (3.5).

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \times 100 \quad (3.5)$$

Precision merupakan ukuran kecocokan data yang relevan dapat dihitung menggunakan Persamaan (3.6) :

$$Precision = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3.6)$$

Berdasarkan Tabel 3.7, untuk menggambarkan kurva ROC yang dibutuhkan adalah *True Positive Rate* (TPR) dan *False Positive Rate* (FPR). Ruang ROC didefinisikan oleh FPR dan TPR yang mewakili sumbu dan secara berurutan. ROC menggambarkan kondisi antara *True Positif* dan *False Positif*. Koordinat pada grafik ROC adalah mewakili nilai dari *Sensitivity* 100% (tidak terdapat nilai *False Negatif*) atau *Specificity* sebesar 100% (tidak terdapat *False Positive*). Titik juga disebut klasifikasi yang sempurna.



Gambar 3.3 Kurva ROC (Fawcett, 2005)

Sebagaimana yang telah disajikan pada Gambar 3.3, garis diagonal menunjukkan ($y = x$) prediksi secara random (Fawcett, 2006). Titik D memiliki kekuatan prediksi yang sempurna jika dibandingkan dengan yang lain (titik A, B, C). Titik C berada pada garis diagonal, yang berarti memiliki kekuatan prediksi 50%. Titik E memiliki kekuatan prediksi yang rendah karena terletak dibawah garis $y = x$. Titik A dan B memiliki kekuatan prediksi yang lebih baik jika dibandingkan dengan titik C dan E, tapi tidak lebih bagus dari titik D. Titik A lebih baik dibandingkan dengan B, karena memiliki domain negatif yang lebih sedikit dibanding titik B.

BAB IV PERCOBAAN DAN HASIL

4.1 Data Permainan

Proses pengambilan data pada penelitian ini terdiri dari dua tahapan. Tahapan pertama adalah dilakukan tes materi pada siswa tunarungu, peneliti memilih objek penelitian di tiga tempat, sebagaimana terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Daftar nama sekolah sebagai objek penelitian

No	Nama Sekolah	Alamat
1	Sekolah MI Ma'arif	Pambon Lamongan
2	Sekolah Harmoni	Gedangan Sidoarjo
3	Sekolah Insan Mulya	Wonokromo Surabaya

Placement test diberikan menggunakan media kertas dan pensil (*paper-and-pencil test*). Tahapan kedua adalah uji coba *game*. Pada tahapan kedua, siswa diajak bermain *serious game* menggunakan *sifteo*. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2014, pengambilan data dilakukan di lamongan, di sidoarjo dan di Surabaya. dengan melibatkan populasi siswa tunarungu kelas empat, lima dan enam pada tingkat sekolah dasar.

4.1.1 *Placement test* (Media Kertas dan Pensil)

Sebagaimana dijelaskan pada subbab 4.1, tahapan pada pengambilan data penelitian ini terdiri dari dua langkah. Langkah pertama ialah pemberian tes materi pada siswa. Tahapan kedua ialah tes menggunakan *serious game* di beberapa sekolah yang dijadikan sebagai objek penelitian. Sub subbab ini menjelaskan tahapan pertama dari pengambilan data penelitian.

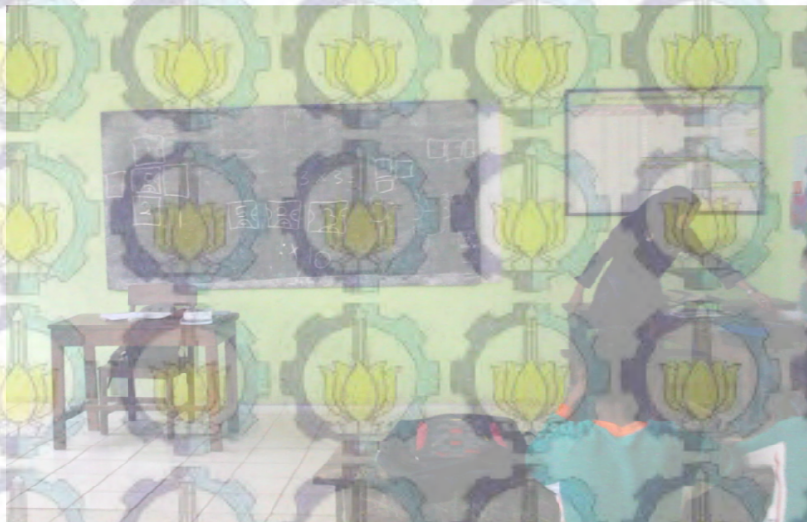
Dengan menggunakan media tes kertas dan pensil, siswa diminta mengerjakan soal tes. Soal yang diujikan bertipe sama dengan soal yang ada dalam *database* soal *serious game*. Hasil dari tes pada penelitian ini

dijadikan sebagai alat ukur seberapa besar pemahaman siswa terhadap materi yang telah diberikan dalam satu sesi jam pelajaran.

Perolehan nilai dalam placement test ini juga digunakan sebagai data pembandingan dari nilai formatif yang dimiliki oleh guru. Kemudian data hasil *placement test* dijadikan sebagai *output* target dalam analisis data menggunakan SVM. Gambar 4.1 (a) menunjukkan siswa diberi penyegaran materi untuk mengerjakan soal. 4.1 (b) menunjukkan siswa yang sedang mengerjakan soal tes dalam kelas.



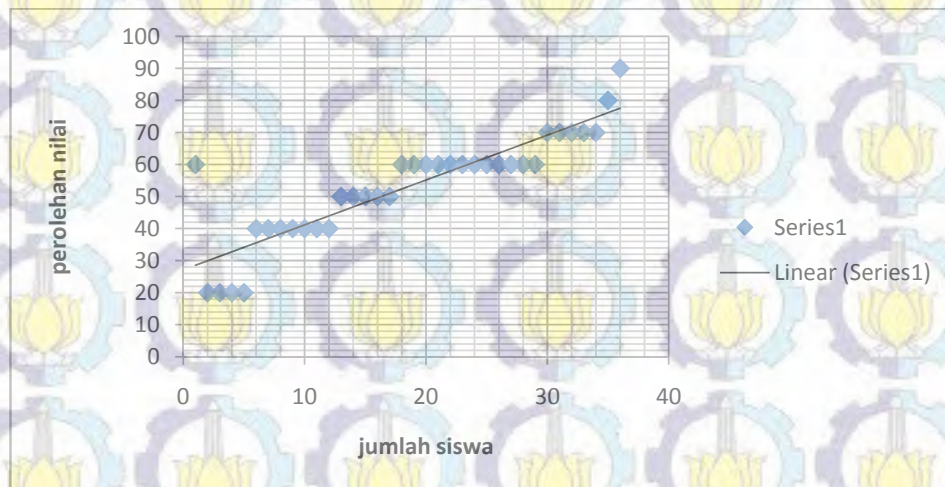
(a)



(b)

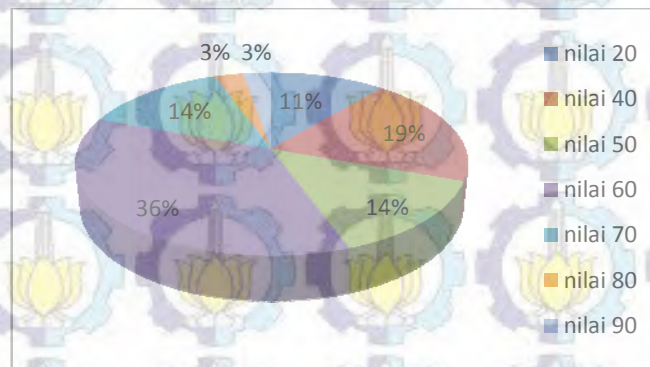
Gambar 4.1 (a) siswa saat penyegaran materi sebelum mengerjakan soal.
4.1 (b) siswa yang sedang mengerjakan soal tes dalam kelas.

Dari *placement tes* yang sudah dilakukan, diperoleh nilai sebagai mana berikut. Terdapat empat anak yang mendapat nilai 20 dari nilai maksimal 100, tujuh anak mendapat nilai 40, lima anak memperoleh nilai 50, tiga belas anak memperoleh nilai 60, lima anak memperoleh skor 70, satu anak memperoleh nilai 80, satu anak memperoleh nilai 90. Rekaman perolehan nilai dapat diamati pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. perolehan nilai *placement tests* siswa

Pada nilai persentase tertinggi nilai yang paling besar muncul adalah nilai 60 yaitu sebanyak 36% siswa. Untuk nilai 40 siswa yang memperoleh sebanyak 19%, nilai 50 sebanyak 14%, nilai 70 sebanyak 11%, nilai nilai terendah yaitu 20 terdapat 3%, nilai 80 dan nilai 90 masing – masing terdapat 3%. Secara visual dapat diamati pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. persentase perolehan nilai *placement test* siswa

4.1.2 Post Tes dengan menggunakan media Game Sifteo

Tahapan ini, siswa mulai dilatih untuk menggunakan sifteo, pelatihan dilakukan secara individu dan menerapkan konsep tutor sebaya, bimbingan tetap dipantau oleh seorang guru yang mampu menguasai bahasa isyarat untuk membantu peneliti, dapat diamati pada Gambar 4.4, hal ini disebabkan karena pemilihan model tutor sebaya akan lebih efektif untuk siswa tunarungu dalam menggali informasi cara menyusun sifteo dan cara menggunakan bantuan pada sifteo.



Gambar 4.4. siswa tunarungu dibimbing guru belajar menggunakan sifteo

Setelah bimbingan diberikan, selanjutnya adalah memberi kesempatan siswa tunarungu untuk melakukan permainan sebagai test, tes ini hanya sebatas untuk mengecek siswa apakah siswa tunarungu sudah mampu menggunakan sifteo dengan baik dan benar. Hal ini perlu dilakukan untuk mencegah perolehan data yang tidak valid yang disebabkan karena kurangnya informasi seorang anak dalam penggunaan sifteo yang kemudian berpengaruh terhadap perolehan waktu dalam uji coba game.

Tahapan yang dilakukan setelah siswa tunarungu sudah menguasai cara penggunaan dan mengetahui cara permainannya adalah melakukan uji coba tes kognitif aritmatika sederhana. Dari hasil permainan yang sudah dilakukan dapat diamati rekaman waktu setiap *state* terdapat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil rekaman waktu menyelesaikan permainan siswa

USER	Waktu				
	State 1	State 2	State 3	State 4	State 5
IV.1	16	12	47	25	50
IV.2	18	25	41	40	30
IV.3	85	55	34	76	50
IV.4	42	43	42	22	31
IV.5	57	80	50	22	31
IV.6	20	30	43	27	20
IV.7	21	32	43	34	48
IV.8	41	42	47	40	47
IV.9	19	17	21	15	12
IV.10	28	32	27	33	15
IV.11	18	21	21	17	14
IV.12	47	51	43	50	27
IV.13	51	46	44	40	37
IV.14	32	29	21	21	17
IV.15	38	35	42	46	41
IV.16	26	23	27	27	36
IV.17	34	37	32	40	37
IV.18	42	53	51	52	42
IV.19	34	31	27	43	22
IV.20	22	20	17	21	26
IV.21	24	27	21	29	26
IV.22	37	31	26	28	42
IV.23	25	20	21	23	21
IV.24	29	33	35	31	28
IV.25	10	23	24	20	17
V.1	31	34	32	29	37
V.2	29	25	24	29	38
V.3	33	38	39	35	41
V.4	28	24	27	26	29
VI.1	15	12	17	11	19
VI.2	32	33	32	37	35
VI.3	28	24	27	29	30
VI.4	47	41	44	43	49
VI.5	39	32	16	19	36

Penggunaan bantuan setiap *state* dapat diamati pada Tabel 4.3. setiap *state* akan direkam berapa kali siswa meminta bantuan untuk menyelesaikan permainan pada sifteo.

Tabel 4.3. Hasil penggunaan bantuan siswa saat menyelesaikan permainan

<i>user</i>	Bantuan				
	<i>State 1</i>	<i>State 2</i>	<i>State 3</i>	<i>State 4</i>	<i>State 5</i>
IV.1	0	2	4	0	1
IV.2	1	1	5	2	1
IV.3	0	1	0	1	0
IV.4	3	3	0	0	0
IV.5	5	2	4	2	2
IV.6	0	0	0	0	0
IV.7	0	0	0	2	0
IV.8	5	0	0	0	0
IV.9	0	1	0	0	0
IV.10	0	0	0	0	1
IV.11	0	0	2	0	0
IV.12	6	0	0	0	0
IV.13	2	0	0	0	0
IV.14	0	0	0	0	0
IV.15	2	0	0	1	4
IV.16	0	0	1	0	0
IV.17	2	0	0	0	0
IV.18	3	2	0	0	0
IV.19	4	2	1	0	0
IV.20	6	0	2	1	3
IV.21	2	1	1	0	0
IV.22	0	1	2	2	4
IV.23	7	0	0	2	2
IV.24	5	1	4	0	0
IV.25	0	0	0	0	2
V.1	7	2	4	1	0
V.2	3	0	0	0	2
V.3	0	0	0	1	0
V.4	8	1	2	0	1
VI.1	0	3	0	0	0
VI.2	3	0	0	1	0
VI.3	1	0	1	2	1
VI.4	4	1	0	0	5
VI.5	3	4	3	1	3

Untuk mencari *mean* dan standart deviasi maka seluruh *state* yang ada dijumlahkan, nilai *mean* pada penelitian ini sebanyak 2.68 dan nilai standar deviasi sebesar 0.84. Total nilai rekaman game yang dapat diamati pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Total perolehan waktu dan bantuan yang digunakan oleh siswa

Total waktu(menit)	Total bantuan
2.50	7
2.57	10
5.00	2
3.00	6
4.00	15
2.33	0
2.97	2
3.62	5
1.40	1
2.25	1
1.52	2
3.63	6
3.63	2
2.00	0
3.37	7
2.32	1
3.00	2
4.00	5
2.62	7
1.77	12
2.12	4
2.73	9
1.83	11
2.60	10
1.57	2
2.72	14
2.42	5
3.10	1
2.23	12
1.23	3
2.82	4
2.30	5
3.73	10
2.37	14

4.2. Klasifikasi Dengan Menggunakan *Support Vector Machine*

Pada klasifikasi tingkat kognitif siswadiakukan untuk mengetahui tingkat kognitif setiap individu dari hasil pencapaian permainan yang sudah diperoleh. Tabel 4.5 menunjukkan klasifikasi tingkat kognitif siswa tunarungu menggunakan metode SVM *one against one*.

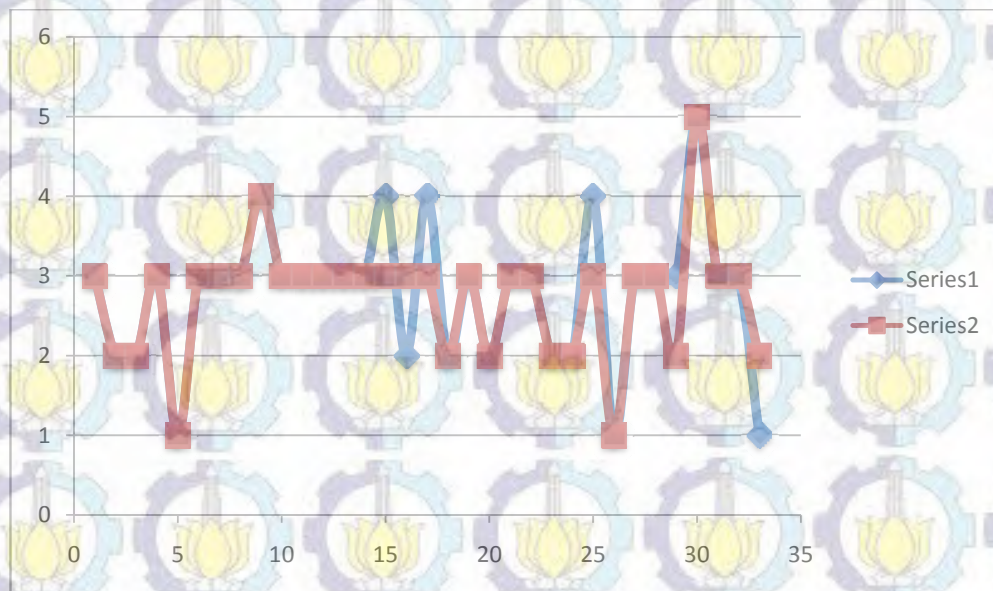
Tabel 4.5. Hasil Klasifikasi tingkat kognitif siswa tunarungu

ID Respondent	Time	value	help	Value	cognitive	value	% from all respondents
VI.1	fast	1	never	4	cerdas	5	2.9 %
IV.9	fast	1	seldom	3	mampu	4	2.9 %
IV.1	medium	2	seldom	3	Rata-rata	3	61.8 %
IV.4	medium	2	seldom	3		3	
IV.6	medium	2	seldom	3		3	
IV.7	medium	2	seldom	3		3	
IV.8	medium	2	seldom	3		3	
IV.10	medium	2	seldom	3		3	
IV.11	medium	2	seldom	3		3	
IV.12	medium	2	seldom	3		3	
IV.13	medium	2	seldom	3		3	
IV.14	medium	2	seldom	3		3	
IV.15	medium	2	seldom	3		3	
IV.16	medium	2	seldom	3		3	
IV.17	medium	2	seldom	3		3	
IV.19	medium	2	seldom	3		3	
IV.21	medium	2	seldom	3		3	
IV.22	medium	2	seldom	3		3	
IV.25	medium	2	seldom	3		3	
V.2	medium	2	seldom	3	Rendah	3	23.5 %
V.3	medium	2	seldom	3		3	
VI.2	medium	2	seldom	3		3	
VI.3	medium	2	seldom	3		3	
IV.2	medium	2	often	2		2	
IV.3	long	3	seldom	3		2	
IV.18	long	3	seldom	3		2	
IV.20	medium	2	often	2	Tidak mampu	2	8.8 %
IV.23	medium	2	often	2		2	
IV.24	medium	2	often	2		2	
V.4	medium	2	often	2		2	
VI.4	medium	2	often	2		2	
IV.5	long	3	always	1	Tidak mampu	1	8.8 %
V.1	medium	2	always	1		1	
VI.5	medium	2	always	1		1	

Hasil perolehan rekaman waktu yang sudah didapatkan dirata-ratakan. Sehingga hasil klasifikasi yang dicapai bisa lebih obyektif untuk dievaluasi. Tabel 4.5 menunjukkan, rata-rata identifikasi tertinggi tingkat kognitif siswa tunarungu ada pada kelas average yang mencapai 61.8 %, untuk tingkat kognitif anak tunarungu yang berada pada kelas low sebesar 23.5%, tingkat kognitif anak tunarungu pada kelas incapable sebesar 8.8%, pada kelas capable terdeteksi sebesar 2.9%, begitu juga dengan tingkat kognitif pada kelas smart yang terdeteksi sebanyak 2.9%.

4.3. Analisa Hasil

Secara keseluruhan hasil klasifikasi kognitif siswa tunarungu dibandingkan dengan nilai placement test dapat diamati dari Gambar 4.5. Berikut ini pembahasan perbandingan tingkat keberhasilan identifikasi tingkat kognitif pada siswa tunarungu menggunakan *Support Vector Machine*.



Gambar 4.5 Perbandingan prediksi tingkat kognitif

Grafik perbandingan antara data target dengan data hasil analisis data menggunakan SVM untuk grafik berwarna biru merupakan data target, sedangkan grafik berwarna merah adalah hasil pengolahan data.

Untuk pengujian nilai uji yang digunakan merupakan hasil dari perhitungan nilai pada tahap pelatihan. Data rekaman waktu dan penggunaan bantuan diklasifikasikan dengan menggunakan SVM. Hasil pengujian untuk nilai prediksi tingkat kognitif yang diprediksi dengan menggunakan bantuan dan level waktu dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil proses klasifikasi tingkat kognitif siswa tunarungu

	TP	FP	TN	FN
Pengujian	27	1	1	5

Dari table 4.5 sesuai dengan Persamaan(3.3, 3.4 dan 3.6) maka dapat dirincikan sebagai berikut :

- *TruePositif* (TP) = 27
- *False Positif* (FP) = 1
- *True Negatif* (TN) = 1
- *False Negatif* (FN) = 5

$$Accuracy = \frac{27 + 1}{27 + 1 + 1 + 5} \times 100\% = 82.3\%$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN PENELITIAN SELANJUTNYA

5.1 Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh dari klasifikasi menggunakan SVM diperoleh nilai *Accuracy* atau ketepatan dalam melakukan klasifikasi secara baik dengan nilai sebesar 82.3%. diketahui tingkat kognitif siswa tunarungu ada pada kategori rata-rata yang mencapai 61.8 %, untuk tingkat kognitif anak tunarungu yang berada pada kelas rendah sebesar 23.5%, tingkat kognitif anak tunarungu pada kelas tidak mampu sebesar 8.8%, pada kelas mampu sebesar 2.9%, begitu juga dengan tingkat kognitif pada kelas cerdas terdeteksi sebanyak 2.9%. hal ini menunjukkan bahwa taraf kemampuan siswa tertinggi berada pada tingkat rata-rata.

5.2. Penelitian Selanjutnya

Penelitian dapat dikembangkan lebih lanjut. Pada pengembangan penelitian ini belum meneliti kecerdasan cara permainan siswa tunarungu dan belum meneliti tentang motivasi bermainnya. penelitian penerapan kecerdasan buatan untuk pengamatan perilaku pemain dan waktu, merupakan penelitian penerapan kecerdasan buatan untuk pengamatan perilaku salah arah atau tujuan pemain.

Pengembangan hasil penelitian klasifikasi keterampilan kognitif dan perilaku motivasi berbasis kecerdasan buatan pedagogik guna keperluan yang lebih luas sangat memungkinkan untuk dilakukan, sehingga tidak hanya terbatas untuk *serious game* kelompok permainan pendidikan saja, namun dapat digeneralisasikan untuk seluruh kelompok *serious game*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN PENELITIAN SELANJUTNYA

5.1 Kesimpulan

Dari hasil yang diperoleh dari klasifikasi menggunakan SVM diperoleh nilai *Accuracy* atau ketepatan dalam melakukan klasifikasi secara baik dengan nilai sebesar 82.3%. diketahui tingkat kognitif siswa tunarungu ada pada kategori rata-rata yang mencapai 61.8 %, untuk tingkat kognitif anak tunarungu yang berada pada kelas rendah sebesar 23.5%, tingkat kognitif anak tunarungu pada kelas tidak mampu sebesar 8.8%, pada kelas mampu sebesar 2.9%, begitu juga dengan tingkat kognitif pada kelas cerdas terdeteksi sebanyak 2.9%. hal ini menunjukkan bahwa taraf kemampuan siswa tertinggi berada pada tingkat rata-rata.

5.2. Penelitian Selanjutnya

Penelitian dapat dikembangkan lebih lanjut. Pada pengembangan penelitian ini belum meneliti kecerdasan cara permainan siswa tunarungu dan belum meneliti tentang motivasi bermainnya. penelitian penerapan kecerdasan buatan untuk pengamatan perilaku pemain dan waktu, merupakan penelitian penerapan kecerdasan buatan untuk pengamatan perilaku salah arah atau tujuan pemain.

Pengembangan hasil penelitian klasifikasi keterampilan kognitif dan perilaku motivasi berbasis kecerdasan buatan pedagogik guna keperluan yang lebih luas sangat memungkinkan untuk dilakukan, sehingga tidak hanya terbatas untuk *serious game* kelompok permainan pendidikan saja, namun dapat digeneralisasikan untuk seluruh kelompok *serious game*.